

出國報告（出國類別：開會）

赴印尼參與
「飲用水水質改善研討會」
出國報告

服務機關：台灣自來水股份有限公司

姓名職稱：柯冠宇 工程師

派赴國家：印尼

出國期間：112.08.06~112.08.09

報告日期：112.11.08

系統識別號：

公務出國報告提要

頁數：158 含附件：有

報告名稱：赴印尼參與「飲用水水質改善研討會」出國報告

主辦機關：國立成功大學/印尼泗水理工大學

聯絡人/電話：邱宜亭/06-2757575 分機 65800

出國人員：柯冠宇 台灣自來水公司工程師

出國類別：開會

出國地區：印尼泗水

出國期間：112 年 08 月 06 日至 112 年 08 月 09 日

報告日期：112 年 11 月 08 日

分類(主題/施政)：水利/飲用水

關鍵詞：全球大學網絡(WUN)、泗水理工大學(ITS)、國家研究和創新機構(BRIN)、

智慧水城市、永續發展目標(SDGs)、河川污染指數(RPI)、卡爾森優養化

指數、STATUS MUTU AIR、計算流體動力學(CFD)、美國 EPA STORET

資料庫、藍綠菌鑑定及計數、複式光學顯微鏡、微分干涉相差顯微鏡、

嗅覺層次分析法、螢光激發/發射矩陣光譜儀(EEMs)、氣相層析質譜儀

(GC/MS)、固相微萃取法(SPME)、水質監測技術、淨水處理技術、水質

標準、水價、PDAM、PDAM Ngagel、聚氯化鋁(PACl)、電絮凝。

摘要

「飲用水水質改善研討會」(workshop on Water Quality Improvement of Drinking Water)係由我國成功大學環境工程學系及印尼泗水理工大學(ITS)共同主辦，並邀請我國經濟部水利署、本公司、印尼泗水水務公司(PDAM)及專家、學者、飲用水從業人員共同與會。本次奉派參與會議，主要係應會議需求，於會中分享有關本公司在水質處理及管理面上之經驗及研究成果，同時參與主辦單位所安排之藻類鑑定及計數、水中異臭味物質之檢測技術實務訓練，以及至當地水務公司(PDAM)和水處理廠進行參訪。

會議目標旨為促進與會人員共同在水安全領域內之可持續合作。透過分享各自在水環境維護、水資源管理、飲用水處理技術及運營管理方面的資訊、知識及技術，以建立一個互助互益的知識共享平臺。此外，研討會亦提供機會瞭解印尼當地於飲用水公共事務方面之最新發展及其處理水質異常事件上之案例，以強化飲用水從業人員於水源水質管控及改善技術上之專業知識與實務能力。

目 錄

摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
壹、緣起及出國目的.....	1
一、緣起.....	1
二、出國目的.....	2
貳、研討會行程.....	4
一、出國行程.....	4
二、研討會概要及內容.....	5
參、首日會議演講內容.....	12
一、第一場次：飲用水中藍藻毒素及味道與異味物質的處理.....	12
二、第二場次：淨水處理中混凝及膠凝過程之前曝氣與加氯的作用：印尼一項 在實驗室及實場進行的研究.....	18
三、第三場次：台灣自來水(股)公司之水質管理及研究.....	21
四、第四場次：供水系統之優化及自動化－現階段的研究.....	24
五、第五場次：有關臺灣及印尼淡水河中磷含量之探討.....	26
六、第六場次：使用即時聚合酶連鎖反應方法檢測飲用水來源之一的水庫中藍 綠菌毒素及異臭味來源.....	31
七、第七場次：藍綠菌之鑑定及計數.....	33
八、第八場次：嗅覺層次分析法(FPA).....	38
肆、第二天參訪泗水飲用水公司.....	41
一、與 PDAM 董事長 Wisnu 會晤情形.....	42
二、參訪水處理廠 PDAM Ngagel.....	50
伍、心得與建議.....	56
一、心得.....	56
二、建議.....	59
陸、附錄.....	61

圖目錄

圖 1、開場致詞.....	11
圖 2、研討會主辦單位與台灣自來水公司演講者合影.....	11
圖 3、因藍綠菌所引起嚴重水華現象.....	13
圖 4、Geosmin 及 2-MIB 之化學結構.....	14
圖 5、各國藻類代謝物分布情形.....	15
圖 6、印尼水源水質監測網首頁.....	29
圖 7、原水水質監測站顯示水質現狀.....	29
圖 8、FPA 實務訓練過程.....	40
圖 9、頒發 FPA 實務訓練結業證書.....	40
圖 10、與印尼 PDAM 董事長合影.....	49
圖 11、於 Ngagel I 攔污柵採集原水水樣.....	53
圖 12、Ngagel I 曝氣單元.....	53
圖 13、Ngagel I 階梯式曝氣設備.....	54
圖 14、Ngagel I 沉澱池.....	54
圖 15、與 Ngagel 生產經理 Eris Trijoko 合影.....	55

表目錄

表 1、參與印尼「飲用水水質改善」研討會行程.....	5
表 2、首日會議之「專題演講」議程表(主辦單位提供).....	9
表 3、首日會議之「專題演講」議程表(中文版).....	10
表 4、臺灣南部淡水河中磷形態及其含量之分析.....	30

壹、緣起及出國目的

一、緣起

成立於 2000 年的全球大學網絡(Worldwide Universities Network, WUN)是一個由全球 24 所研究密集型大學 (Research-Intensive Universities)所組成的非營利性組織。該組織為成員提供財政與基礎設施支援，並鼓勵國際間之研究合作及學術交流。我國成功大學作為 WUN 的其中一員，在受到 WUN 的支持及鼓勵下，成立全球研究小組 (WUN Global Research Group)，並設立基金，於亞洲地區推動聯合國 17 項永續發展目標(SDGs in Asia)之相關研究及事務。

於聯合國所倡導之「清潔飲水及衛生設施(Clean Water and Sanitation)」是一項核心的永續發展目標，旨在「確保所有人都能享有安全的水及衛生，並實施有效的水資源管理」。面對當今全球城市人口密集度持續攀升及人民對供水需求不斷增加，全球飲用水處理設施 (DWTP)正承受著前所未有的壓力。而全球氣候劇烈變化，包含旱澇不均及極端氣候事件的頻繁發生，進一步加劇水源水質及水資源分配的挑戰。

我國成功大學 WUN 全球研究小組為實現聯合國 CWS 永續發展目標，已投入研究不同的水處理技術對能源(指電力及化學藥劑)之需求及水處理之效率，並期使水處理之成本效益可獲得大幅提升，逐步達成每位世界公民均能享有安全且可負擔的飲用水之目標。為此，邇來 WUN 全球研究小組已陸續與東南亞國家的研究單位建立夥伴關係，其中在印尼即與泗水理工大學(ITS)共同研析如何解決水處理及供水相關課題，並於 2021 年起資助 ITS 展開「永續及韌性的居住地：飲用水之供應及保障」研究。

這項研究合作亦促成本次於 8 月 7 日至 8 月 11 日間於印尼泗水舉辦之「飲用水水質改善研討會」(workshop on Water Quality Improvement of Drinking Water)。個人認為兩校舉辦該小型國際研討會之初衷具有以下四大項，分別為：

(一)專業知識交流：會議旨在促進飲用水水質及公共衛生領域之專業

人士與學界間的經驗交流，包含應對氣候變遷之相關問題、永續發展，以及水源水質監測與供水品質之提升。

(二)研究成果分享及探討未來趨勢：會議之另一目標是討論目前水質研究成果及處理技術之未來趨勢。這是為了在氣候變化的影響下，瞭解如何可持續管理及改善水質，並做好準備以面對各種水安全風險。

(三)水質檢驗設備實務訓練及參訪：研討會中涵蓋專題演講、實務訓練及當地水務公司參訪行程，期使與會人員瞭解當地水質管理之實際作法。

(四)建立溝通聯繫及合作機會：透過集結來自不同地區的專家、學者及實務工作者，促進雙方合作及交流，共同為水源保護及水資源之可持續利用性作出貢獻。

綜上所述，該研討會被定位成一個共同探討水質處理及檢測技術發展之重要平臺，且特別重視永續性及準備應對氣候變化帶來的挑戰。

二、出國目的

參與國際研討會，不僅能夠與各國從業人員進行交流，彼此分享經驗，並增進個人專業知識及提升技能，亦可瞭解當前水質問題及未來研究趨勢，同時展現本公司對於提升水質及水安全承諾之絕佳機會。該研討會係由我國成功大學及印尼泗水理工大學聯合主辦，並邀請我國經濟部水利署、台灣自來水(股)公司、印尼泗水水務公司(PDAM)以及專家、學者與飲用水從業人員共同參與。而本次奉派參與會議，係應主辦單位邀請，於會中分享有關本公司在水質處理及管理面上之經驗，同時學習與汲取國外相關作法及經驗，期以足為借鏡。

於研討會中不僅安排了水處理以及智慧水城市、水資源可持續利用等專題演講，亦開設實務教學課程，如地面水體之藻類鑑定與計數、水中異味物質之檢測技術等，以強化飲用水從業人員於水源水質管控及改善技術上之專業知識與實務能力。

會議目標旨為促進與會人員共同在水安全領域內之可持續合作。

透過分享各自在水環境維護、水資源管理、飲用水處理技術及運營管理方面的資訊、知識及技術，以建立一個互助互益的知識共享平臺。此外，研討會亦提供機會瞭解印尼當地於飲用水公共事務方面之最新發展及其處理水質異常事件上之案例，這對於本公司瞭解未來可能遇到的挑戰並制定相應策略是極為寶貴之機會。

身為本公司的一份子，將積極參與各項活動，並將學習到的新知識及經驗帶回我國，以此來提升水處理及供水服務。而透過像這樣的國際合作及知識交流，可為我國乃至全球的水安全及可持續發展做出良好貢獻。

貳、研討會行程

此次應邀前往印尼泗水參與「飲用水水質改善研討會(workshop on Water Quality Improvement of Drinking Water)」是由印尼泗水理工大學(Sepuluh Nopember Institute of Technology, 簡稱 ITS)及我國成功大學共同舉辦之小型研討會。主辦方原安排於 2023 年 8 月 7 日至 8 月 11 日(總計 5 天)舉行研討會,邀請我國水利署及本公司參與,並進行專題演講、淨水場參訪及水質分析。惟其考量各方因素,於研討會舉行前調整行程及日期。具體來說,研討會日期被調整為 2023 年 8 月 7 日至 12 日間舉行,相較於原計畫多了一天。另外,在這次調整中,專題演講及實務訓練的部分被安排於一天內完成,這比原計畫縮短了一天。其餘時間主要被安排為淨水場參訪及水樣採集與水質分析。

本次出國行程主要是參加會議及考察當地淨水場。雖主辦方臨時做出調整,但實際行程與此次出國目的仍完全吻合,故未受到主辦方行程更動的影響。而在這兩天的行程當中,印尼與會人員包括:ITS 的土木、規劃及地球工程學院師生及泗水市政供水公司 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya 董事長與該公司水處理廠職員等。我國與會人員有:成功大學林財富教授及其研究團隊(6 位)、台灣自來水(股)公司(1 位)。該研討會之定位為水質處理及檢驗技術交流,其旨在提供飲用水及公共衛生的從業人員及產學界間對於氣候變遷、永續發展、飲用水水質提升等相關議題進行經驗分享,並針對相關議題共同探討現行研究成果及未來趨勢,以做好萬全準備,面對各種水安全的風險。以下詳述本次出國之過程:

一、出國行程

本次出國日期為 2023 年 8 月 6 日至 9 日,總計 4 天,行程詳如表 1 所示。

表 1、參與印尼「飲用水水質改善」研討會行程

日期	行程內容
8 月 6 日 (日)	09:00 長榮 BR237 臺灣桃園國際機場出發至印尼雅加達蘇加諾哈達國際機場 13:20 抵達印尼雅加達蘇加諾哈達國際機場 16:00 印尼鷹航航空 GA320 雅加達蘇加諾哈達國際機場轉機至印尼泗水 17:40 抵達印尼泗水朱安達機場
8 月 7 日 (一)	參加專題演講及實務訓練會議 應邀擔任演講者、參加問題與討論
8 月 8 日 (二)	參訪印尼泗水市政供水公司及其水處理廠
8 月 9 日 (三)	11:35 印尼鷹航航空 GA327 印尼泗水朱安達機場轉機至印尼雅加達蘇加諾哈達國際機場 13:10 抵達印尼雅加達蘇加諾哈達國際機場 14:20 長榮 BR238 雅加達蘇加諾哈達國際機場出發臺灣桃園國際機場(航班誤點) 22:00 抵達臺灣桃園國際機場

二、研討會概要及內容

(一)研討會概要：

研討會行程大致可分為「首日會議」、「淨水場參訪」及「水樣採集與水質分析」三個部分，其中首日會議之議程包含專題演講及實務訓練共兩個部分，主要在探討因應氣候變遷所造成的水質問題，並針對永續發展、智慧水城市以及各界現行水質處理、水質檢驗分析技術、水質管理等研究成果，進行學術交流及經驗分享，並共同探究未來在氣候變遷下可能面對的水質問題及未來研究方向。而淨水場參訪及水質檢驗分析，主要是協助當地飲用水從業人員了解水處理全流程之水安全危害因子，以作改善對策擬定時之參考依據。同時，在淨水場參訪期間，本公司亦可提供相關做法及經驗，俾使其迅速做出適當調整。

(二)首日會議之概要及開場致詞：

主辦方將專題演講及實務訓練這兩大議程分別安排並集中於上、下午兩個時段進行。專題演講總共有 5 個場次，每場次由演講者進行專題簡報 30 分鐘，每二至三場專題演講結束後，由主辦方進行總結，

並由聽者及講者分別進行問與答。本公司負責第 3 場次專題演講，主要是分享近年來本公司水質管理及研究的議題(題目為：「Water quality management and research in Taiwan Water Corporation」)。在設備操作教學方面，則是由主辦方之一成功大學林財富教授的研究團隊所負責解說，並由設備原理至實務應用案例分享進行深入說明。

首日會議之亮點係結合產、官、學之相關資源，攜手探究在氣候變遷下有關水質及公共衛生所需面對的全新挑戰，並由如何提升飲用水水質到介紹最新之水質檢驗技術，為與會人員帶來一場充實的學術饗宴，同時透過專題演講及實務訓練，一同親近及體驗水的科學之美。有關首日會議之議程詳如表及表所示，有關 8 場次原文簡報詳如附錄一至八，各場次演講題目說明如下：

1. 專題簡報：(上午時段，共 5 場次)

- (1) 飲用水中藍藻毒素及味道與異味物質的處理 (Treatment of Cyanotoxins and T&O Compounds in Drinking Water)。
- (2) 淨水處理中混凝及膠凝過程之前曝氣與加氯的作用：印尼一項在實驗室及實場進行的研究(The role of aeration and pre-chlorination prior to coagulation-flocculation process in water treatment: A laboratory and field research in Indonesia)
- (3) 台灣自來水(股)公司之水質管理及研究(Water quality management and research in Taiwan Water Corporation)。
- (4) 供水系統之優化及自動化－現階段的研究 (Optimization and automation in water supply system – Current research)。
- (5) 有關臺灣及印尼淡水河中磷含量之探討(Phosphorus in freshwater bodies)。

2. 水質檢驗設備操作教學：(下午時段，共 3 場次)

- (1) 使用即時聚合酶連鎖反應方法檢測飲用水來源之一的水庫中藍綠菌毒素及異臭味來源(Monitoring of cyanotoxin and odorant-producing cyanobacteria in drinking water reservoirs using real-time PCR)

(2)實務訓練：藍綠菌之鑑定及計數(Hands-on training: Cyanobacteria identification and enumeration)。

(3)實務訓練：嗅覺層次分析法(Hands-on training: Flavor Profile Analysis (FPA))

首日會議正式開始前，由三位專家學者進行開場致詞(詳如圖 2 所示)，讓與會人員預先了解有關印尼的水質挑戰、氣候變遷帶來的衝擊，以及雙方在水質管理上的經驗交流。以下介紹開場致詞的三位主持人及其致詞內容。

1.開場致詞：

(1)主持人：

A.印尼泗水理工大學之土木、規劃及地球工程學院：

(a)環境工程學系 Arie Dipareza Syafei 系主任。

(b)環境工程學系水處理技術實驗室 Eddy Setiadi Soedjono 副教授(高級講師)

B.我國國立成功大學：環境工程學系林財富教授。

(2)致詞內容：(以下僅摘要說明)

A.環境工程學系之使命及合作夥伴關係：

(a)提供國際級的環境工程及管理教育學程。

(b)在環境品質及沿海地區進行技術創新。

(c)重視與國內外之政府、私人機構及產業的合作關係。

(d)培養學生的倫理、道德、態度及軟實力。

B.印尼水質問題：

(a)印尼作為世界上最大的群島國家，長期面臨水污染及飲用水水質不足問題。

(b)氣候變遷對水質可能帶來的劇烈變化。

(c)針對飲用水水質即時及準確檢測，以及如何進行適當處理，為當前重要挑戰。

C.氣候變遷及其挑戰：

(a)氣候變遷不僅可能導致水資源匱乏，且可能引發水質的劇烈變化，使化學藥劑及能源消耗等水處理成本相對增加。

(b)為有效因應氣候變遷，需要更嚴格及持續的水源監測。

D.經驗及技術交流：

(a)藉由台灣自來水(股)公司於水質管理上的豐富經驗，期待透過此次交流，為印尼的飲用水管理提供新的啟示。

(b)研討會中的專題演講及水質檢驗技術分享，有助於交流最新的水質管理策略及研究成果。

(c)感謝來自臺灣的市政供水從業人員及教學單位的技術教學與分享，期使與會人員深入了解水質檢測的方法與技術。

表 2、首日會議之「專題演講」議程表(主辦單位提供)

Time	Topic
08.00 - 08:30	Registration
08.30 - 09.00	Opening Remarks by: -Commettee -Head of Laboratory of Water Treatment Technology ITS -Head of Department of Environmental Engineering ITS -Representative of NCKU Taiwan
09:00 - 09.30	Treatment of Cyanotoxins and T&O Compounds in Drinking Water Prof. Tsair-Fuh Lin, National Cheng Kung University
09.30 - 10:00	The role of aeration and pre-chlorination prior to coagulation-flocculation process in water treatment: A laboratory and field research in Indonesia Prof. IDAA Warmadewanthi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
10:00 - 10:15	AM Coffee Break
10:15 - 10.45	Water quality management and research in Taiwan Water Corporation Mr. Kuan-Yu Ke, Taiwan Water Corporation
10.45 - 11.15	Optimization and automation in water supply system – Current research Dr. Ervin Nurhayati, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
11:15 - 11.45	Phosphorus in freshwater bodies Mr. Welly Herumurti, National Cheng Kung University
11.45 - 12.00	Discussion and Q&A
12.00 - 13.30	Lunch
13:30 - 14:00	Monitoring of cyanotoxin and odorant-producing cyanobacteria in drinking water reservoirs using real-time PCR Dr. Yi-Ting Chiu, National Cheng Kung University
14:00 - 15.00	Hands-on training: Cyanobacteria identification and enumeration Dr. Yi-Ting Chiu, National Cheng Kung University
15.00 - 15.30	PM Coffee Break
15:30 - 16.30	Hands-on training: Flavor Profile Analysis (FPA) Dr. Yi-Ting Chiu, National Cheng Kung University
16.30 - 16.40	Closing

表 3、首日會議之「專題演講」議程表(中文版)

2023 年 8 月 7 日，印尼泗水理工大學，環境工程學系演講廳	
時間	議程
08.00 - 08:30	報到
08.30 - 09.00	開場致詞： -ITS 環境工程學系 Arie Dipareza Syafei 系主任 -ITS 環境工程學系水處理技術實驗室 Eddy Setiadi Soedjono 副教授 -成功大學林財富教授
09:00 - 09.30	飲用水中藍藻毒素及味道與異味物質的處理。 成功大學林財富教授
09.30 - 10:00	淨水處理中混凝及膠凝過程之前曝氣與加氯的作用：印尼一項在實驗室及實場進行的研究。 ITS 永續基礎設施及環境研究中心負責人 IDAA Warmadewanthi 博士
10:00 - 10:15	問答時間
10:15 - 10.45	台灣自來水(股)公司之水質管理及研究。 台灣自來水(股)公司柯冠宇工程員
10.45 - 11.15	供水系統之優化及自動化－現階段的研究。 ITS 環境工程學系博士後研究員 Ervin Nurhayati 博士
11:15 - 11.45	有關臺灣及印尼淡水河中磷含量之探討。 成功大學 Welly Herumurti 博士(外籍生)
11.45 - 12.00	問答時間
12.00 - 13.30	午膳
13:30 - 14:00	使用即時聚合酶連鎖反應方法檢測飲用水來源之一的水庫中藍綠菌毒素及異臭味來源 成功大學邱怡婷博士
14:00 - 15.00	實務訓練：藍綠菌之鑑定及計數 成功大學邱怡婷博士
15.00 - 15.30	茶點時間
15:30 - 16.30	嗅覺層次分析法(FPA) 成功大學邱怡婷博士
16.30 - 16.40	頒發證照、散會



圖 1、開場致詞

(左起：林財富教授、Arie Dipareza Syafei 教授、Eddy Setiadi Soedjono 副教授)



圖 2、研討會主辦單位與台灣自來水公司演講者合影

(左一：柯冠宇工程員、右一：Welly Herumurti 博士、右二：林財富教授、右三：Ervin Nurhayati 博士、右四：邱宜亭博士)

參、首日會議演講內容

一、第一場次：飲用水中藍藻毒素及味道與異味物質的處理

(一)英文題目：Treatment of Cyanotoxins and T&O Compounds in Drinking Water

(二)演講者：成功大學環境工程學系林財富教授。

(三)演講內容：

本演講議題主要是分享有關水中異臭味物質之檢驗技術、水處理程序之應注意事項及其水質管控對策，並彙整說明 4 篇所研究之成果，期以淨水全流程的角度，和與會人員共同討論水中引起之異味問題及因應對策。本節內容之書面資料來源，請詳附錄一。

藍綠藻(Cyanobacteria)隨處可見，它是淡水流域生態系統食物網(food webs)的組成要素。因淡水的優養化(eutrophication)及污染，致藍綠藻生物質(biomass)的數量急遽增加，並引發水華(blooms)，對飲用水水質及安全、水產養殖生產力及休閒娛樂水體活動等，產生相當大的經濟影響。

藍綠藻(其實是一種細菌)水華，也被稱作藍綠菌水華，是一種在自然水體如湖泊、水庫及河流中常見的生態現象。在這種情況下，藍綠菌會急速繁殖，形成密集的菌群。這些菌群傾向於在暖和且營養物質豐富的淡水環境中出現，並會明顯改變水的顏色，使其變為綠色、藍色，或甚至紅色。這不僅影響了水的外觀及氣味，更對生態系統及人類健康帶來潛在威脅。多年來在北美洲、澳大利亞、歐洲、東亞及南亞、南非等地已出現多起藍綠菌水華事件。有關亞洲地區藍綠菌水華現象圖示詳如圖 3 所示。

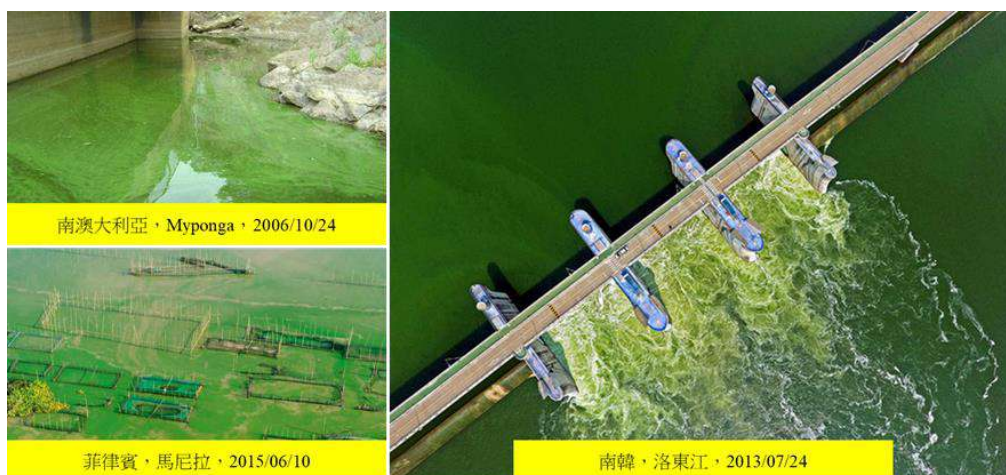


圖 3、因藍綠菌所引起嚴重水華現象

這種水華現象會加劇水質的下滑，導致一系列環境及健康問題，例如水體底層的缺氧狀態、毒素的產生、食物鏈的改變、魚類大量死亡，以及產生難聞的異味。更糟糕的是，某些藍綠菌在大規模繁殖過程中會產生劇毒的神經毒素(如石房蛤毒素)及肝毒素(如微囊藻毒素及柱狀精蛋白)，這些毒素對水中生物及人類健康造成極大的危害。此外，藍綠菌還會產生多種揮發性有機物，包括硫化物、類胡蘿蔔素衍生物、脂肪酸衍生物、胺及萜類化合物等。這些化合物與水華現象中常出現的不良氣味及味道密切相關。

味道及氣味(Taste and Odor, T&O)對飲用水及休閒娛樂用水之安全、感官認知及使用權利等產生負面影響，因而引起許多相關研究人員的注意。在所有已知的 T&O 化合物中，土臭素(Geosmin)及 2-甲基異茨醇(2-Methylisoborneol, 2-MIB)是全球範圍內最常被檢出的兩種 T&O 化合物(詳如圖 4 所示)。Geosmin 散發出一種類似濕土的氣味(earthy)，2-MIB 則釋放出一種類似發霉食品的氣味(musty)。值得注意的是，人類對這兩種化合物在水中的嗅覺敏感度非常高，其閾值均低於 10 奈克/升。這意味著，在飲用水中即使只有極微量的這些物質，也足以引起公眾的關注及感知。

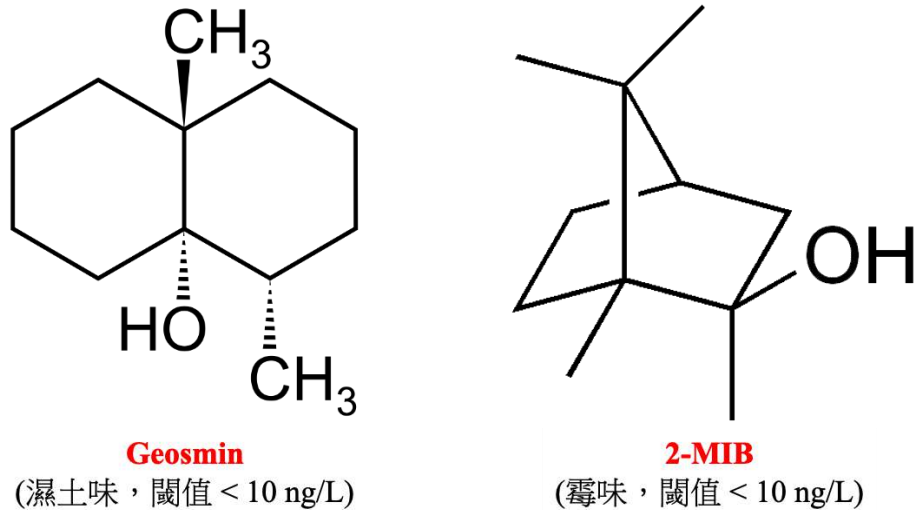


圖 4、Geosmin 及 2-MIB 之化學結構

目前尚未有直接證據足以證實 Geosmin 及 2-MIB 會對人體健康造成危害，但對公共用水來說，異臭味物質勢必會影響飲用水之適飲性，而間接使民眾對於用水安全產生疑慮，同時對於飲用水水質信心降低。國際上出現許多研究證實藍綠菌、放射菌、粘菌及真菌皆會產生 Geosmin 及 2-MIB，其中藍綠菌為天然水體中最主要的 T&O 產生源。在臺灣，水利署為了解國際上最新相關研究及事件，曾透過委託案並結合國家科學及技術委員會及成功大學資源，收集國際上關於 Geosmin 及 2-MIB 所引發之異臭味事件，並建立事件資料庫，如圖 5 所示。此資料庫係以全球地圖為基礎，可提供前述兩種物質相關事件之起源、分布、菌種、發生頻率及監測技術等資訊。由資料庫中事件分布情形，可發現北美洲及澳洲以 Geosmin 發生頻率較高，而東亞地區則以 2-MIB 事件的發生頻率更高，顯示地理上的差異會影響事件分布及頻率。



圖 5、各國藻類代謝物分布情形

(藍球：Geosmin、紅球：2-MIB、綠球：Geosmin 及 2-MIB)

由於人類的污染行為及氣候變遷的影響，造成水中藍綠菌的數量不斷增加，使 Geosmin 及 2-MIB 相關之異味事件頻傳。另因許多水處理場(Water Treatment plant, WTP)為傳統淨水處理程序，對這兩種引起異味的有機化合物較難有效去除，使其對飲用水水質的影響逐漸成為全球矚目的議題。隨著社會對飲用水安全、水產養殖，以及休閒娛樂行業中用水安全性的關注不斷提升，公眾對於檢測相關物質的技術及解決方案的需求亦日趨增加。尤其是在異味事件發生之前就能立刻發現問題的設備及系統，其需求量已大幅上升。為了更全面了解水中 Geosmin 及 2-MIB 濃度與其內源性(endogenous)及外源性(exogenous)因子之間的因果關係，應開發更加精確之分析、監控及預測工具，其不僅有助於即時評估水質，更能預防潛在的異味事件，進而達到更高水平的水質管理。

針對臭味物質的檢驗技術及水質管理，演講人於簡報過程中向各位分享 4 篇研究的成果，並以不同的角度探討水中 Geosmin 及 2-MIB 所引起的異味問題及其因應對策，其摘要說明如下：

1.探討飲用水中所含自由餘氯物質對於使用固相微萃取結合氣相層析

質譜儀分析 Geosmin、2-MIB 及甲基第三丁基醚的影響：

- (1) 該研究深入探討氯化處理對飲用水中 3 種關鍵有機化合物 (Geosmin、2-MIB 及甲基第三丁基醚) 的檢驗分析精確度之影響。研究人員採用 3 種不同類型的固相微萃取 (SPME) 纖維，分別在含有餘氯及去氯之飲用水樣本中進行有機化合物的萃取。隨後，這些萃取的樣本被送至氣相層析質譜儀進行定量分析。
- (2) 上述 3 種 SPME 纖維是採用 Supelco 的 30/50 mm DVB/CAR/PDMS (編號 57348-U)、65 mm PDMS/DVB (編號 57310-U) 及 75mm CAR/PDMS (編號 57318)，這 3 種市售纖維被用來萃取飲用水中的 Geosmin 及 2-MIB，而 75mm CAR/PDMS 亦被用於第三甲基丁基醚的分析。
- (3) 研究發現並揭示氯的存在對有機化合物濃度測定準確性有顯著影響。實驗誤差會因分析物及餘氯濃度的不同而變化，在一些情況下可達到 10 至 70%。值得注意的是，在水中有機化合物濃度較低及餘氯濃度較高的情況下，這種影響尤為明顯。為了有效消除餘氯的不良影響，使用硫代硫酸鈉進行了去氯處理。經過去氯後，實驗誤差減少至小於 10%。研究結果表明在使用 SPME 技術萃取含有餘氯飲用水中的有機化合物時，去氯是一個不可或缺的步驟。

2. 南臺灣 2 間飲用水處理場原水所出現的霉味與 2-MIB 之相關性：

- (1) 該研究針對位於臺灣南部 2 間典型飲用水處理場 (FengShen 及 GunShi)，探討原水中霉味物質的來源、臭味強度與異味物質間的相關性及其季節效應。該研究採用嗅覺層次分析法 (Flavor Profile Analysis, FPA) 確認原水中的異味類型，並使用固相微萃取 (Solid-Phase Microextraction, SPME) 結合氣相層析質譜儀 (GCyMSD) 進行化學分析。
- (2) FPA 結果顯示，兩間水處理場的原水主要有魚腥味及霉味兩大異味類型，而這兩種異味的強度與水溫有關。化學分析結果顯示，原中含有 Geosmin 及 2-MIB。研究發現，2-MIB 濃度與水溫之間存在良好的對數關係，進一步證實季節效應的重要性。Gun-Shi 水

處理廠的生物處理程序(RBCs)對減少霉味無顯著效果。雖傳統處理程序能夠去除約 40 至 50%的 2-MIB，但僅降低約 0.3 FPA 強度。

3. 氯化對兩種有害藍綠菌之細胞完整性及其釋放異味物質的影響：

(1)該研究探討氯化對兩種有害藍綠菌—產生 β -環檸檬烯的銅綠微囊藻(*Microcystis Aeruginosa*)及產生 Geosmin 的魚腥藻(*Anabaena circinalis*)之細胞完整性及其釋放含有異味之代謝物的影響。由掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)圖片顯示，氯化後，*Microcystis* 的細胞表面出現變形，而 *Anabaena* 的絲狀細胞在其營養細胞單元(vegetative cell units)的連接處遭破壞。氯化實驗顯示，這兩種藍綠菌皆易受氯的攻擊而被破壞。

(2)研究中運用一種一級衰變模型模擬氯化過程中細胞破裂的動力學。實驗顯示，銅綠微囊藻的反應速率常數為 670 至 1,100 $M^{-1} s^{-1}$ ，所觀察到的數值為魚腥藻的 1.3 至 5.0 倍。在未經過濾且含銅綠微囊藻的水庫水中，速率常數的範圍為 70 至 590 $M^{-1} s^{-1}$ 。此外，研究發現，魚腥藻細胞破裂後，Geosmin 會立即被釋放到水中。而有其中一部分的 Geosmin，仍與細胞緊密結合。對銅綠微囊藻而言，在大多數的情形下，氯化過程中 β -環檸檬烯的總濃度迅速下降。

4. 前加氯對粉狀活性碳吸附 2-MIB 之影響：

(1)該研究主要針對臺灣南部多數飲用水處理設施之前加氯淨水處理程序，旨在探究氯對粉狀活性碳(PAC)於吸附 2-MIB 方面的影響。為達此目的，研究人員在實驗室中進行 PAC 吸附動力學實驗。更進一步地，研究人員運用均相表面擴散吸附模式(Homogeneous Surface Diffusion Model, HSDM)模擬活性碳的吸附容量及動力特性，期望這些數據能夠作為制定水處理對策之科學依據。

(2)HSDM 是一個數學模式，用於描述及模擬活性碳或其他固體吸附劑對水或氣體中有機或無機物質的吸附過程。此模型主要考量物質在吸附劑表面的擴散過程，並假設表面吸附位是均勻分佈的。

而 HSDM 的輸入參數包括(1)吸附劑特性(如孔徑、表面積等)；(2)流體中吸附質的初始濃度；(3)操作條件(如流速、溫度、pH 值等)及(4)擴散係數。另外，HSDM 的輸出資訊則含有(1)吸附質在吸附劑表面上的濃度隨時間的變化；(2)達到吸附平衡的時間；(3)吸附等溫線及(4)吸附速率常數。此模型可用於模擬及優化去除水中有機污染物(如農藥、重金屬、內分泌干擾物質等)的過程。

(3)本實驗分四個部分，包括：(1)測試活性碳對原水中 2-MIB 的吸附量；(2)在原水中先加入氯後，再放入活性碳進行吸附動力實驗，以了解水中自由餘氯對活性碳吸附 2-MIB 的影響；(3)在原水中先加入氯，然後反應一段時間後，以硫代硫酸鈉去氯並添加 WPH 活性碳(由美國 Calgon 公司所生產之商業化粉狀活性碳)進行吸附動力實驗；(4)將 WSP 活性碳加入含有一定濃度之自由餘氯溶液中接觸 2 天的時間，然後再將活性碳由溶液中分離出來並進行乾燥，再將與氯作用後的活性碳加入原水中進行吸附動力實驗。

(4)由 WPM 及 TAC 兩種活性碳在鳳山原水中的吸附動力曲線圖，顯示在鳳山原水中，在一定的初始濃度範圍中，2-MIB 的去除率與活性碳添加劑量有關，與初始濃度無關。且在相同原水中，估算 Freundlich 吸附常數 $1/n$ 值，並結合 HSDM 模式，即可在只需進行一組吸附動力實驗下，有效預測活性碳對 2-MIB 的吸附動力。此外，該研究尚有以下 2 點結論：

A.水中餘氯不只會造成活性碳的吸附容量降低，更可能使原本已吸附在活性碳表面的 2-MIB 釋放至水中。

B.於實驗室中 PAC 吸附 2-MIB 之吸附動力曲線可被 HSDM 模式配合一組動力實驗進行預測，並可推估瓶杯試驗(Jar Test)中不同 PAC 添加劑量的實驗結果，亦可準確預測實場中 PAC 對 2-MIB 的去除效果。

二、第二場次：淨水處理中混凝及膠凝過程之前曝氣與加氯的作用：印尼一項在實驗室及實場進行的研究

(一)英文題目：The role of aeration and pre-chlorination prior to coagulation-

flocculation process in water treatment: A laboratory and field research
in Indonesia

(二)演講人：印尼泗水理工大學永續基礎設施及環境研究中心負責人
Dewa Ayu Agung Warmadewanthi 博士。

(三)演講內容：

這項研究的主題是藉由淨水場實地考察及杯瓶實驗(Jar Test)探討在混凝前原水經過曝氣及加氯等前處理程序後，是否能有效提升處理水水質，以及能否有效降低淨水用藥及能源消耗。有關本內容所引用之資料來源，請詳附錄二。

Warmadewanthi 博士指出，水資源在人類文明演進過程扮演至關重要的角色，能夠滿足農業及工業等各種行業的需求，亦為構建公共衛生之重要基石。惟因土地過度開發及水源日益嚴重的污染問題，使得我們所依賴的這一寶貴的資源正在面臨巨大威脅。

在印尼巴厘島吉安雅爾區約有 128 條河流，因旱季期間雨量銳減，導致河川流量不足，使其自淨效果變差。而在這個時期，因水質嚴重惡化，使得其中 24 條河流產生極大的負荷。據統計，在所有河流當中僅 5%符合法規標準，有高達 31%至 53%因都市固體廢棄物及廢污水而受到嚴重的污染，這對水處理廠(WTP)帶來巨大的挑戰。在印尼當地，水處理廠的飲用水水源主要來自於河川。其水質惡化會直接導致水處理成本的增加，特別是化學藥品及能源的消耗。

由於印尼地區降雨量較高，導致飲用水水源中懸浮固體物及濁度偏高，因此在當地常見的水處理程序中除了一般的混凝、沉澱、過濾及消毒單元外，亦有初級沉澱之前處理設施。另為因應都市人口密度逐漸攀升及水質惡化的問題，已有許多水處理廠增設曝氣、前加氯等前處理設備，以提升水質。

研究人員選定印尼巴東(Badung)及丹帕薩(Denpasar)共兩間水處理廠進行考察。兩者原水取自 Belusung 村的同一條河流，且兩者間僅相距 200 公尺。當原水進入巴東廠後，先經過表面擾動曝氣設備(platform aerator)曝氣，另於其混凝單元亦使用同款設備增加水中溶氧(dissolved oxygen, DO)。丹帕薩廠是選用階梯式曝氣設備(cascade

aerator)，當原水進入廠內則由曝氣設備頂部傾瀉而下，並於上方加入氯進行預氧化(pre-oxidation)，於水流下方加入混凝劑進行混凝。

為了解原水經過曝氣、加氯等前處理程序後之具體成效，該研究方法涵蓋實驗及實地考察，其說明如下：

1.曝氣、氯化及 Jar Test 混凝實驗：

水樣取自印尼泗水市 Karang Pilang 水處理廠取水口之原水，其源頭為泗水河。該河流之污染來源為河道周邊住宅區所排放的生活污水以及地表逕流。當研究人員將水樣攜回實驗室並完成水質檢驗後，開始進行曝氣時間，並觀察與記錄水中 DO 對時間變化情形。依據曝氣實驗結果，當空氣注入水中 25 分鐘後，DO 由 $4.93\pm 0.04\text{mg/L}$ 上升至 $5.18\pm 0.04\text{mg/L}$ 。當曝氣時間達到 50 分鐘，DO 接近峰值 $5.84\pm 0.06\text{mg/L}$ 。經過 70 分鐘曝氣後，DO 為 $5.85\pm 0.02\text{mg/L}$ ，並保持穩定。

研究人員為了解加氯後是否能有效提升水中 DO 含量，研究人員選定曝氣時間分別為 25 分鐘、50 分鐘及 70 分鐘這 3 組水樣，並加入 35mg/L 次氯酸鈣(CaOCl_2)。此外，為了解混凝前先經曝氣及預氧化後水質改善成效，進一步透過杯瓶實驗進行模擬及評估。實驗過程使用聚氯化鋁(PACl)混凝劑，水樣體積為 1 公升，PACl 加藥率為 5 至 30mg/L 。實驗過程並未調整 pH。轉速設定 200 轉/分，攪拌 1 分鐘，然後將轉速逐步調降，促進膠羽形成。膠凝過程結束後，將水樣靜置 10 分鐘，使膠羽沉澱。取出上澄液並經濾紙過濾，進行生化需氧量(BOD)、化學需氧量(COD)、總懸浮固體(TSS)、濁度及氨氮檢測分析。

2.實地考察：

考察地點位於巴厘島吉安雅爾區 Belusung 村的兩間水處理廠，兩者分別由丹帕薩及巴東兩間市政供水公司(municipal supply)營運及管理。兩間水處理廠皆以 Ayung 河為水源，兩者地理位置及原水特性詳如附錄二(簡報)頁碼 7 及 8 所示。依據簡報資訊，Ayung 河的污染源主要來自於家戶、農田及河道東側一些未開發區域，兩廠原水水質特性存在明顯差異。丹帕薩廠原水取水口位於下游，由於受

許多污染源及土壤侵蝕所影響，水質較差。巴東廠原水取水口位於上游，水中 DO 較高，污染物濃度較低。

兩廠雖採用傳統水處理程序(混凝→沉澱→過濾→消毒)，但丹帕薩廠的水處理設施較巴東廠更為全面，而多出初級沉澱池及前加氯系統。兩廠皆有曝氣之前處理單元，都是設置在混凝前。丹帕薩廠的曝氣設備為階梯式，其頂部含有氯注入口，下游含有混凝劑進藥口。而巴東廠的曝氣設備為表面擾動式(含混凝劑進藥口)，型式有如魚塢中的水車，以葉輪拍打水面，使空氣與水體充分混合，以增加水中溶氧，有關兩廠的水處理流程詳如附錄二(簡報)頁碼 9 所示。考察週期為兩週，研究人員每周會在廠內多個地點進行採樣，然後將水樣帶回實驗室進行檢測並比對兩廠處理水水質的差異。

以下為該研究之結論及重點：

- 1.實驗顯示，曝氣及前氯能提升原水中有機物氧化，並提高混凝及膠凝之污染物去除率。
- 2.原水經曝氣及氯氧化後，DO 的增加有助於污染物的去除，並降低混凝劑的需求。
- 3.透過實地考察發現，無論是丹帕薩廠所採用的階梯式曝氣設備或巴東廠的表面擾動式曝氣設備，對水中 BOD、COD、濁度及 TSS，可得到 62%至 69%間的去除率。
- 4.彙整實驗及實地考察結果，實施曝氣及前氯程序後，能夠減少混凝劑用量至原來 60%。
- 5.在丹帕薩廠，應用前氯單元，可提高水中氨氮的去除率超過 24%。
- 6.原水先經曝氣再加入氯進行處理後較僅使用曝氣處理可獲得更高的污染物去除率。

三、第三場次：台灣自來水(股)公司之水質管理及研究

(一)英文題目：Water quality management and research in Taiwan Water Corporation

(二)演講人：台灣自來水(股)公司總管理處水質處柯冠宇工程師。

(三)演講內容：

該場次之簡報內容主要是彙整有關台灣自來水公司在水質控管及異常水質事件之因應作為的兩大層面，並向與會人員反映本公司作為一家國營企業對於保障公共飲水安全的不懈努力，以及如何透過組織結構之精確分工、嚴謹之內部控制措施與法規遵循，來管控及保證水質之處理過程。有關本內容所引用之資料來源，請詳附錄三。

首先，於組織結構說明中，主要提及本公司水質處轄下包含化學、生物及水處理研究共 3 個組別，而每組有其專責領域。舉例來說，化學組之主要負責業務包含水中化學性物質之檢驗分析工作，例如難分解持久性有機物(如塑化劑、起雲劑等)、農藥、揮發性有機物及藍綠菌之代謝產物等，以及各個區處(branch)之檢測數據審查工作。在生物組方面，則是負責水中生物性檢項，如原水藻類鑑定及計數、天然有機物(NOM)及藻類有機物(AOM)分析等。而水研組之業務主要是精進水質策略研擬及異常水質事件研析。這些業務涵蓋例行水質檢驗到異常水質事件處理，為飲用水水質進行嚴格把關。此外，本公司在水質檢驗業務中，不但遵循環保法規標準，甚至還設立超越法規要求之內控值，以更高的標準檢驗所生產的飲用水，以確保水質安全無虞。

由於在民眾眼裡，「檢驗」是保護其飲水安全之首要步驟，本公司為貫徹提供優質產品之目標，除強化淨水處理技術，推動全流程水安全之水質管理，亦持續精進水質檢驗能力，並將環保法規所有水質檢項全數納入定期檢驗。此外，本公司各個區管理處自 1995 年 6 月起陸續取得環境部飲用水檢測類實驗室設置許可證，建立完整檢驗品管制度，另為精進全面品質管理制度與國際接軌，於 2014 年起推動實驗室取得全國認證基金會 TAF ISO 17025 認證，使本公司檢驗數據更具公信力。而這些作為亦於簡報中呈現，主要是向與會人員釋放以下 4 點訊息：

- 1.民眾參與感及安全性：透過強調「檢驗」是保護飲水安全之首要步驟，以體現本公司對民眾健康及安全之重視，並傳達一種責任感，使民眾感受到由本公司提供之飲用水是經過嚴格檢查。
- 2.品質與安全管理之全面性：本公司不僅強化淨水處理技術，更推動全流程水安全之水質管理，表明從源頭至供水各個環節的管理及技術

創新，彰顯本公司在水質保障上的全方位努力。

3.認證與公信力：自 1995 年起各區管理處取得檢驗室設置許可證及 ISO 17025 認證，突顯出本公司對檢驗品質控制的重視，這不僅提升了檢驗結果的可靠性，亦提高本公司檢驗數據之公信力及國際認可度。

4.與國際標準對接：獲得 ISO 17025 認證，不但代表檢驗流程及數據品質達到國際標準，也意味本公司於全球水質管理的舞臺上，具有與其他國家及組織對話與交流的能力。

為掌控水源水質，本公司已發展出一套監測機制，除了在各大河域加裝油污監測設備，強化水庫原水枯旱期間有機物及重金屬等水污染預警機制，並設置監控中心，針對水源污染、供水系統及配水系統進行即時監控，並推動全流程水安全計畫(WSP)，達成由取水至供水之通盤檢討，以降低風險。而為了消弭民眾用水疑慮，已於本公司官網開放民眾線上查詢水質檢驗及監測資訊，不僅提升服務之透明度，亦鼓勵民眾參與及監督，以消除民眾對用水安全之疑慮，增強公共信任。

面對全球氣候變遷這一不可逆轉的百年挑戰，本公司已展現出卓越之應變能力及戰略準備。在極端氣候事件下，如 56 年來首次於豐水期颱風未襲臺及 2021 年之百年大旱，本公司迅速動員跨區域資源整合，展現於危機中確保水供穩定的堅韌。此外，透過立即回應水情警訊，實施減壓及減量供水等應急措施，本公司不但證明了應對緊急狀況之敏捷性，還透過創新策略如啟用抗旱水井、伏流水，以及利用建築工地之地下水資源，展現本公司在水資源管理方面的前瞻性及創新能力。這些作為不僅鞏固民眾對本公司可靠性的信任，更彰顯出本公司面對未來氣候變遷挑戰時，所擁有的遠見及對可持續發展的承諾。

最後，本公司為與會人員帶來一篇有關高有機、鐵、錳、氨氮原水處理策略建立的現階段研究成果。在簡報中強調選擇合適之氧化劑及混凝劑的重要性，並確保其劑量足以取得對藻類及重金屬等相關物質最大之移除效果。此外，還說明使用藻類計數分析儀及螢光激發及發射陣列光譜分析儀(EEM)來鑑定有機污染來源及種類，包含富含藻類及人為污染之原水，以及這些污染物如何轉化成危害健康的消毒副產物，例如鹵化乙酸及三鹵甲烷，並透過研究消毒副產物之形成因素，

如 pH 值的影響，開發出針對特定化合物或微生物之去除策略，包含調整混凝劑種類及 pH 操作範圍等，以達到最佳效果。

四、第四場次：供水系統之優化及自動化－現階段的研究

(一)英文題目：Optimization and automation in water supply system – Current research

(二)演講人：印尼泗水理工大學環境工程學系博士後研究員 Ervin Nurhayati 博士。

(三)演講內容：

Ervin Nurhayati 博士指出，印尼飲用水公司之原水水源主要是河流及湖泊。儘管印尼擁有超過 5,600 條河流，但多數河流因降雨量高且短暫急促，常攜帶大量沉積物。雖大多數島嶼的平均降雨量均在 2,000 毫米以上(全球平均約 1,150 毫米)，惟因雨量分布極為不均，河流之蓄水量具有季節性，這使部分地區，特別是在爪哇島(雅加達及泗水的所在地)，於枯水期(5 月至 9 月)經常出現缺水情形。此外，印尼是亞洲廢(污)水處理場(Wastewater Treatment Plant, WTP)及衛生設施覆蓋率最低的國家之一，由於缺乏足夠且健全的衛生設施網絡，許多家庭被迫依靠私人化糞池或將生活污水直接排放於鄰近的河流。鑑於以上因素，本研究計畫之重點即建立一個能夠長期存在且能夠抵抗各種外部壓力之居住環境(指「城市」尺度及規模)，尤其是對飲用水之供應及保障方面，提出具體可靠的方案。本內容所引用之資料來源，請詳附錄四。

由 Ervin Nurhayati 博士的簡報可知，相關研究已自 2021 年起陸續與印尼國家研究與創新局(BRIN)及瑪琅(Malang)、巴東(Badung)、丹帕薩(Denpasar)、泗水當地飲用水公司(PDAM 或 Surya Sembada)、我國成功大學建立合作關係，主要資金來源為全球大學網絡(Worldwide Universities Network, WUN)及泗水理工大學(ITS)研究基金。於研究計畫中主要包含 3 個課題，分別為水量(quantity)、水質(quality)及飲用水可持續供應之保障。

演講人提到，在水處理及供水過程中，直接與間接能源的消耗是

一個重要考量因素。場內能源消耗，如電力及燃料的使用，與場外能源消耗，例如與水處理相關的材料製造、運輸及化學品的能源成本，都對總能源足跡有顯著影響。在飲用水處理場，曝氣作為常見的第一道主要處理單元，其效率依賴於空氣與水的接觸面積，全球各地對曝氣的應用有著多樣化的類型及技術。

在探討「優化及自動化水資源供應系統」當前研究背景時，演講人揭示一關鍵之多學科研究架構，並藉其強化對可持續性及有韌性之城市水資源供應及水安全的支持。研究計畫依探討主題及專業領域劃分為 3 個工作小組(work group)，將研究主題集中於水量安全、水質安全及水持續性安全。第一工作小組專注於確保充足之水量供應，包括預測水源及需求的平衡，以及評估氣候變化對水資源之影響。第二工作小組則專注於提升水質，透過開發先進之水處理技術及監測設備來確保水質達到健康標準。第三工作小組致力於保障水供應之連續性，方法包括最小化供水系統中的水損耗，並為應對緊急情況提供移動式水處理單元。

這份研究計畫結合了數據科學、水文學、環境工程學、資訊科技，以及材料科學、化學工程、生物學等領域的專業知識，展現出集結各領域專家來共同解決全球水資源挑戰之迫切需求。在水持續性安全部分，簡報提及兩項關鍵研究項目，一項是在 2021 年由 BRIN 基金資助的研究，其制定出一套流量感測器之放置策略，用以檢測及定位水分配系統中的漏損。這項研究成果已在學術期刊上發表。另一項是在 2022 年由 ITS 基金資助的開發工作，研究團隊開發出一個用於檢測水管泄漏的儀表板原型，該原型主要是運用分布式超聲波流量計技術。這兩項研究不僅反映研究團隊於水資源管理之技術水平，亦已展現創新解決方案應用在應對水資源挑戰之潛力。

在這份簡報當中，亦展示一個已提交知識產權之原型裝置，這個裝置是一種可攜帶式供水水處理設備，運用連續電混凝(electrocoagulation)及沉澱技術。此外，研究團隊還開發一個運用在水處理之臭氧發生器原型。Dr.Ervin Nurhayati 指出，於原水中添加混凝劑及含氯消毒劑為常態淨水前處理方式，雖可有效去除水中大量懸浮固體物、鐵、錳及氨氮物質，但為了維持處理水質符合亞馬遜環境研

究所(IPAM)訂定之生產質量,有時需添加過量的混凝劑及含氯消毒劑,這不僅會提高淨水藥劑的使用成本,亦有潛在的副作用,例如氯化消毒副產物(CBPs)的生成。

據查應用臭氧前處理方式,其添加濃度為 0.8mg/L 時,可降低混凝劑及前加氯之加藥率至 40mg/L 及 45mg/L,約可減少 15%的混凝劑及 6%的有效氯劑量。此外,以前臭氧處理後,對濁度、總懸浮固體(TSS)、氨氮、化學需氧量(COD)及色度等水質指標,所獲得之去除率分別為 94%、86%、56%、23%及 60%;另以添加混凝劑及加氯進行前處理,所獲得之濁度、總懸浮固體、氨氮、化學需氧量及色度去除率,分別為 46%、48%、95%、36%及 29%,由此可知,以前臭氧處理可有效減少混凝劑劑量及加氯量,水質監測指標濃度亦有明顯下降,並接近飲用水水質標準。

五、第五場次：有關臺灣及印尼淡水河中磷含量之探討

(一)英文題目：Phosphorus in freshwater bodies

(二)演講人：國立成功大學 Welly Herumurti 博士(外籍學生)。

(三)演講內容：

有害藻華(harmful algal blooms)是一個在世界各地不斷擴散的環境問題。而「人為營養富集」及「氣候變遷」是兩個主要的驅動因素,並決定了其規模及影響範圍、時間。現已知當水中磷含量增加時,特別是磷及氮的比例失衡時,可能導致水體優養化,並引起藻類大量繁殖。這種過度的藻類生長會減少水中溶氧,進而影響水生生物的生存。因此,如何有效控制及減少水中的磷含量,尤其是顆粒磷(Particulate Phosphorus, PP),對於保護水質、水生生態系統及人體健康是至關重要的議題。

這項研究主要是彙整臺灣及印尼政府對水中磷的管制現況,如水質標準、檢驗頻率及水質檢驗數據發布平臺,以及淡水河磷優勢型態,提供水務公司制定水質管理策略之參考依據。有關本內容所引用之資料來源,請詳附錄五。以下將以 Welly Herumurti 博士的簡報架構,說明其現階段研究成果及未來方向。

1.介紹磷與水體優養化的關係以及當地飲用水公司之水源比例。

(1)雖磷是一種必需的營養元素，但磷量過高會導致水體優養化，並容易引起藻華。而水體一旦發生優養化，將非常具有挑戰性，故提早採取行動以防止優養化事件發生，是至關重要的議題。

(2)目前有許多國家仍在進行磷研究，包括磷形式及組成，如中國板橋河流域(Zhou et al., 2022)、日本 Yasu 河(Osaka et al., 2022)、泰國 Mae Klong 河(Suksomjit et al., 2018)等。由於湖泊生態系統經常發生優養化，已有許多研究人員在探討水中磷的形式與優養化的關係。

(3)印尼爪哇島東部飲用水公司之水源比例分別為河川及湖泊占 49.14%、泉水占 26.35%、地下水占 14.85%、水庫占 0.18%、其它占 9.48%，其中以河川及湖泊為主要飲用水水源，泉水居次。

2.介紹我國及當地與水污染防治相關之法規。

(1)臺灣：於 2017 年(為民國 106 年)9 月 13 日頒布之地面水體分類及水質標準，其中央主管機關現為環境部。

(2)印尼：

A.印尼共和國政府法規，2021 年第 22 號，有關環境保護及管理之實踐。

B.環境及林業部 2021 年第 27 號有關環境品質指數之規定。

3.介紹我國及當地水源水質指數。

(1)環境品質指數之定義：環境品質指數(Environmental Quality Index，EQI)是一個綜合指標，用於評估某一特定地區或國家的環境狀況。其包括多種不同的環境指標，如空氣品質、水質、土壤狀況、生態系統健康等，以提供一個全面的環境健康評估。EQI 通常由政府單位計及發布，用於監控環境狀況、制定環保政策及引導公共資源的分配，亦可用於協助民眾了解生活周遭之環境狀況，提高對環保問題的關注。

(2)臺灣水質指數：

A.河川污染指數(RPI)：用於評估河川受污染程度。其由生化需氧

量(BOD)、化學需氧量(COD)、懸浮固體物質(SS)、氨氮(NH₃-N)及溶氧(DO)等 5 項指標計算出來。

B.卡爾森指數：用於評估湖泊及水庫優養化程度的指數，主要基於水體中總磷(TP)、氨氮及葉綠素 a 含量計算得出。卡爾森指數越高，表示水體優養化程度越嚴重，可能會導致藻華等環境問題。

(3)印尼計算水質指數的數據來源及規定：

A.水質監測站佈點規定：代表污染物來源、主要流域出口處、淨水場水源取水口、河川、湖泊、水庫、未受人類活動影響之上游水體流量。

B.計算水質指數及評估水質指標所需參數：NH₃-N、BOD、COD、DO、硝酸鹽氮(NO₃-N)、氫離子濃度指數(pH)、溶解性固體(TDS)、總懸浮固體(TSS)。

4.介紹當地水源水質監測網。

(1)印尼水質監測網稱為「STATUS MUTU AIR」，中譯為「水質狀態」，是由環境及林業部設定及維運。

(2)圖 6 為水質監測網首頁，其可分為上方、中間及下方 3 個區域，在畫面上方有許多下拉式選單，允許使用者選擇省份、城市及水質監測站。在畫面中間為省份的地圖，在地圖上的每個數字標記，代表水質監測站的位置。在畫面下方的彩色方框，代表測站、省份、城市等數量。

(3)當點擊圖上的數字標記後，會變為圖 7 的畫面。該畫面主要是呈現測站水質狀態。相關資訊包括測站資訊、水質狀態、關鍵參數、各參數之污染指數及水質污染程度指標。由圖可知，印尼將水質污染程度指標分為 4 個等級，而計算水質指數所需的參數總共有 8 項。所謂「關鍵參數」是指當前情境下對水質影響特別大，或可能導致環境問題的參數。

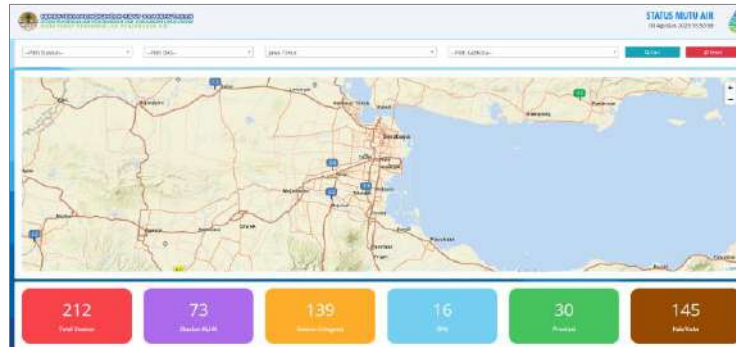


圖 6、印尼水源水質監測網首頁

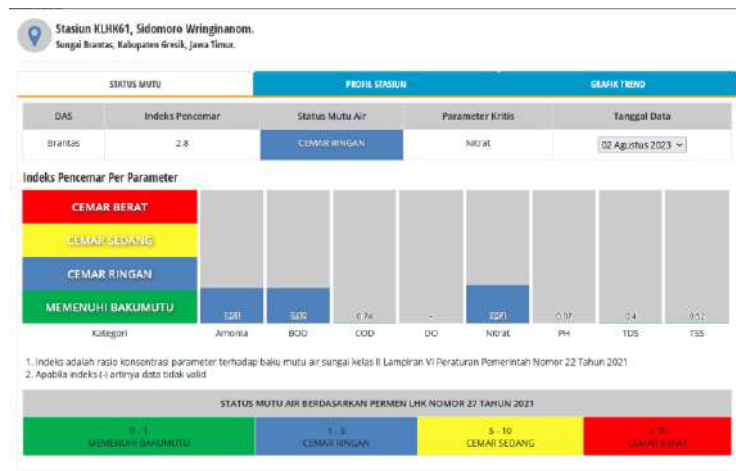


圖 7、原水水質監測站顯示水質現狀

5. 說明河流中磷含量之季節性與地域性變化。

- (1) 於豐水期，城市地區的河流磷濃度顯著高於農業地區。這種差異可能是由於溶解磷的貢獻，意味城市地區之水體污染問題比農業地區更為嚴重。
- (2) 在未降雨期間，顆粒磷與總磷比例的上升趨勢，這可能意味著於乾燥條件下，河流中顆粒狀磷的比例增加。這可能關係到土地使用方式、侵蝕或其它影響。
- (3) 根據對 Yasu 河的研究，指出在稻田區域的低水流量條件下，顆粒磷(PP)濃度占比最高，而在以林地為主的地區，暴雨季節 PP 濃度顯著增加。這可能反映了不同土地覆蓋及水流條件下磷輸送與來源的差異。

6. 探討臺灣淡水河中磷的問題。

(1)水樣來源：

A.3 支水樣分別取自臺灣南部之東港溪、高屏溪及鳳山水庫。

B.鳳山水庫水源是抽取自東港溪及高屏溪。

(2)將 3 支樣品的水質檢驗結果與 2 篇文獻進行比對分析。

A.文獻一：The influence mechanism of the main suspended particles of Yellow River sand on the emitter clogging – An attempt to improve the irrigation water utilization efficiency in Yellow River basin. (黃河砂粒中主要懸浮固體物對農業灌溉用之多孔陶瓷發射器的影響機制－嘗試提高黃河流域灌溉用水之利用率)。

B.文獻二：Landslide Disaster Mitigation in Three Gorges Reservoir, China.(中國大陸三峽水庫土石流減災策略)

(3)水質檢驗項目總計 14 項，含總磷、總溶解磷、總顆粒磷、總無機磷、總有機磷、溶解性無機磷、溶解性有機磷、懸浮無機態磷、懸浮有機態磷、總顆粒磷除以總磷、pH 及濁度。初步結果顯示，河川中的磷濃度高於水庫中的濃度。(如表 4 所示)

表 4、臺灣南部淡水河中磷形態及其含量之分析

項次	檢驗項目	單位	採樣地點			
			東港溪	高屏溪	文獻一	文獻二
1	TP	mg/L	1.174	0.470	2.890	0.1~0.14
2	TDP	mg/L	0.969	0.114	0.016	0.01~0.11
3	TPP	mg/L	0.205	0.355	2.874	0.03~0.09
4	TIP	mg/L	0.642	0.414	-	-
5	TOP	mg/L	0.532	0.055	-	-
6	DIP	mg/L	0.564	0.100	0.004	-
7	DOP	mg/L	0.404	0.014	0.012	-
8	PIP	mg/L	0.078	0.314	-	-
9	POP	mg/L	0.127	0.041	-	-
10	TPP/TP	%	17.50	75.69	99.46	50.00
11	pH	無因次	7.462	8.095	-	-
12	Turbidity	NTU	7.04	298	-	-
13	TSS	mg/L	24	352	-	-
14	TS	mg/L	430	903	-	-

7.未來研究的方向。

- (1)淡水河水中顆粒性磷(particulate phosphorus, PP)濃度常在總磷中占多數，並產生水體優養化現象。然而，近期許多研究仍特別關注 PP 之粒徑分佈及其遭受降雨、流域面積、土壤特性及水質特性等多種因素之影響，僅有極少數的研究在探討淡水河中 PP 的去除方法與機制。
- (2)PP 主要被歸類於小/細顆粒，並易於附著在懸浮固體中，很難分離。
- (3)如何去除水中顆粒磷將成為本研究未來主要的探討議題，目前則會使用「計算流體動力學(computational fluid dynamics, CFD)」來試著改善水處理廠對水中顆粒磷的去除效果。
- (4)此外，亦將採用 CFD 水力模擬並開發適於多種水質特性之 PP 去除方法。

六、第六場次：使用即時聚合酶連鎖反應方法檢測飲用水來源之一的水庫中藍綠菌毒素及異臭味來源

(一)英文題目：Monitoring of cyanotoxin and odorant-producing cyanobacteria in drinking water reservoirs using real-time PCR

(二)演講人：成功大學邱宜亭博士。

(三)演講內容：(原文資料請見附錄六)

藍綠藻(Cyanobacteria)是一群古老的微生物，屬於細菌門中的一個特殊分支。由其獲得能量及營養源的方式，屬於光合自營菌，英文為「photoautotrophs」。「photo」來自於希臘文，意思是「光」，而「autotrophs」來自於希臘文「auto」(自己)及「troph」(營養)的組合，意思是能夠自行製造營養的生物。藍綠藻主要是透過光合作用，利用太陽能將二氧化碳轉變為有機物質以及產生氧氣。它是地球上最早的光合生物，已有數十億年的歷史，比綠藻及植物還早出現在地球上。藍綠藻的英文名稱為「Cyanobacteria」，來自於它所呈現的顏色，由於它具有藍綠色的色素，尤其是藍色藻素及綠色葉綠素，使其呈現藍綠色。

藍綠藻可生存於各種環境，包含淡水、鹹水、熱泉、極端鹼性或酸性環境。它的適應性非常強，因此在許多不同的生態系統中都有它的蹤跡。藍綠藻在生態系統中扮演著重要角色，它是食物鏈的基礎，且可透過光合作用產生氧氣，有助於維持水體表層及大氣環境中的氧氣濃度。此外，某些藍綠藻可進行固氮作用(nitrogen fixation)，能夠直接利用大氣中的氮氣，並轉化為其它生物可利用的形式(如硝酸鹽、氨、二氧化氮等)，對氮循環(nitrogen cycle)極為重要。

然而，當環境條件適合它快速繁殖時，就會形成藻華(algal bloom)，並對生態系統造成嚴重威脅。舉例來說，藻華會使地表水體表層以下區域的溶氧量驟減，使水生生物因缺氧而死亡。另因大量的排泄物及腐敗的屍體，以及在厭氧菌的作用之下而產生厭氧反應，造成水質嚴重惡化。此外，藍綠藻的主要代謝物包含 Geosmin、2-Methylisoborneol、微囊素(Microcystins)、圓柱螺旋藻素(Cylindrospermopsin)、鈣螺旋藻毒素(Anatoxin-a)、薩氏螺旋藻毒素(Saxitoxin)。在這些物質中，如 Geosmin 及 2-MIB，會散發出惡臭味，進而影響環境的衛生及飲用水的適應性。甚至某些代謝物本身即為神經毒素、肝毒素的有害物質。對人體來說，這些毒素可能引起皮膚刺激、胃腸不適、肝臟損傷、神經系統障礙等健康問題。尤其是當我們經由飲水或水上活動等暴露行為而接觸含大量有毒藍綠藻代謝物時，健康風險將會增加。對於水生生物，這些毒素可能會造成大量死亡，造成嚴重的生態衝擊。

為避免水體出現藍綠藻藻華，或將其衝擊影響降至最低，環境監測絕對是一個重要的方法。以傳統監測方法而言，須經採完水樣後，送往具有複雜儀器設備之實驗室進行分析。由發現藻華開始，採樣、運送樣品、分析、得到檢測報告等，通常至少需要 2 至 3 天的時間。不僅無法在第一時間掌握水質狀況，進而採取相關的應變措施，也可能因此增加民眾健康危害的風險，甚至造成不可逆的傷害。

目前環境監測技術主要是透過顯微鏡檢查、氣相層析質譜法(GS/MS)及酶連免疫吸附試驗(ELISA)進行水中藍綠藻的鑑定及定量。然而，這些技術由於具備某些限制，而會影響檢驗結果，甚至影響後續之決策判斷。

為改善上開技術之限制，縮短檢驗分析所需之時間及提升實驗之

精準度，研究人員分別於 2017 年及 2019 年藉由 PCR 技術，成功開發出可精準定量藍綠藻數量的快速分析方法。具體而言，PCR 方法首先涉及採樣，然後透過化學手段從藍綠藻細胞中提取 DNA。利用特定的引物(primer)進行 PCR 放大，再透過 qPCR 技術進行定量分析。這些方法提供快速、靈敏及準確的方式來鑑定與定量水中的藍綠藻。

綜整上述，藍綠藻是一群極具適應性及對生態相當重要的微生物。它不僅對地球的氧氣形成及氮循環都起到關鍵作用，且其於多種環境中皆可生存及繁殖。但同時，它們可能會在特定條件下形成藻華，進而釋放大量有毒物質，對環境及生物，尤其是人類，構成威脅。為減輕藍綠藻藻華對環境造成之衝擊影響，透過監測手段以早期預警並即早了解成因，是有效的因應方式。

七、第七場次：藍綠菌之鑑定及計數

(一)英文題目：**Hands-on training: Cyanobacteria identification and enumeration**

(二)演講人：國立成功大學邱宜亭博士。

(三)演講內容：(原文資料請見附錄七)

1.介紹複式光學顯微鏡(the compound light microscope)之原理及構造。

(1)「複式光學顯微鏡」是最常見的顯微鏡類型，在生物、醫學及其他科學等領域廣為使用。複式光學顯微鏡是利用「物鏡」及「目鏡」兩大鏡片系統放大物體影像，總放大倍率為「物鏡」及「目鏡」放大倍率的乘積。複式光學顯微鏡可經由多個鏡片的組合，來克服單一鏡片於高放大倍率下所出現的光學缺陷，不僅能夠提高放大倍率，亦可保持影像的清晰度。

(2)組成複式光學顯微鏡之主要單元為以下 10 項，顯微鏡圖示請參見附錄七 P.2 頁。

A. 目鏡：較接近使用者眼睛的部分，進一步放大物鏡所捕獲的物體影像。

B. 物鏡：為一組鏡片，接近樣本的位置。顯微鏡通常配有一組

可旋轉的物鏡，提供不同的放大倍率。

- C. 旋轉式鏡頭盤：提供物鏡懸掛固定的部分，允許使用者切換不同的放大倍率。
- D. 樣本臺：用於放置及固定樣本的平臺。
- E. 光源：用於照亮樣本。
- F. 縮放旋鈕：用於調整焦距，使影像更清晰。
- G. 縮放旋鈕：位於光源與樣本之間，以調整光源照射強度及面積。
- H. 凹面鏡：位於光源與樣本之間，用於集中或擴散光束，以優化影像的亮度及對比度。
- I. 基座：支撐顯微鏡的結構物。
- J. 支柱：連接基座與顯微鏡的上部，提供穩固的結構支撐。

2. 介紹微分干涉相差顯微鏡 (Differential Interference Contrast Microscopy, DIC)之構造及原理。

(1)微分干涉相差顯微鏡是一種利用 2 個相互干涉的光束來增強觀測物之細節。它能夠提供高對比度及三維外觀的圖像，適合用於觀察生物樣本及薄切片。

(2)組成微分干涉相差顯微鏡之主要單元為以下 8 項，顯微鏡圖示請參見附錄七 P.3 頁。

- A. 光源：提供穩定且均勻的光線，通常為鹵素燈或 LED 燈。
- B. 分光器(beam splitter)：將入射光分為兩束，分別通過樣本的不同區域。
- C. 偏振片(polarizer)及分析器(Analyzer)：用來產生及分析「偏振光」。
- D. Wollaston 稜鏡或 Nomarski 稜鏡：用以產生及重新結合分裂之光束，產生干涉圖。
- E. 物鏡：聚焦光束並放大樣本的細節。

F. 樣品臺：支撐及固定樣本，通常具有精密的調整機制以便對焦及定位。

G. 攝像頭：用以觀察、記錄產生的 DIC 圖像。

H. 聚焦及定位機構：用於調整物鏡及樣本臺的位置，以獲得清晰的圖像。

3.說明 DIC 與複式光學顯微鏡之差異。

(1)對比度生成機制：DIC 顯微鏡利用兩束相干光的干涉以生成對比度，而複式光學顯微鏡通常是依靠染色來增強觀測物之對比度。

(2)圖像外觀：DIC 顯微鏡產生的圖像具有很高的對比度及立體感，能更清楚顯示樣本的表面細節與高度變化。

(3)應用範圍：DIC 顯微鏡特別適用於觀察未染色的透明樣本，如活細胞、組織及一些無機材料。複式光學顯微鏡則更常用於觀察固定及染色的樣本。

4.介紹藍綠菌細胞計數(cell Enumeration)方法及操作步驟。

(1)使用「玻璃浮游生物計算盤」(S52-Glass Sedgewick Rafter Counting Chamber)。

(2)標準方法 10200F。

(3)以盧戈氏碘液(Lugol's solution)固定(溶液體積占 1%)。

(4)將水樣放置於 1mL 的 Sedgwick-Rafter 計算盤。

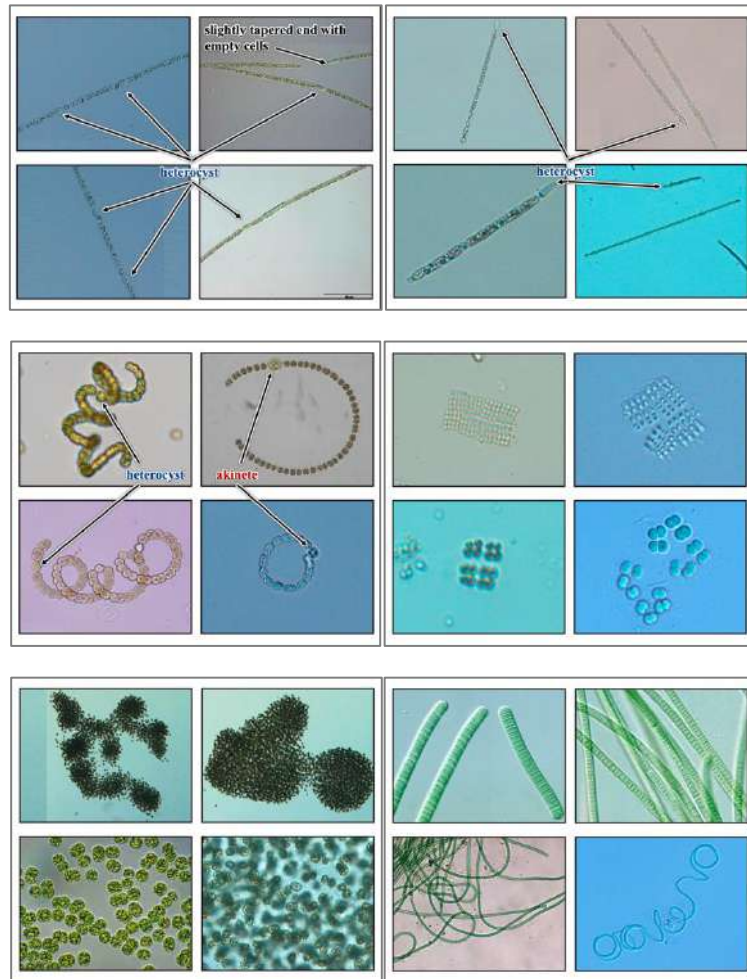
(5)靜置 15~30 分鐘。

(6)將複式光學顯微鏡之物鏡調整至×400 的放大倍率。

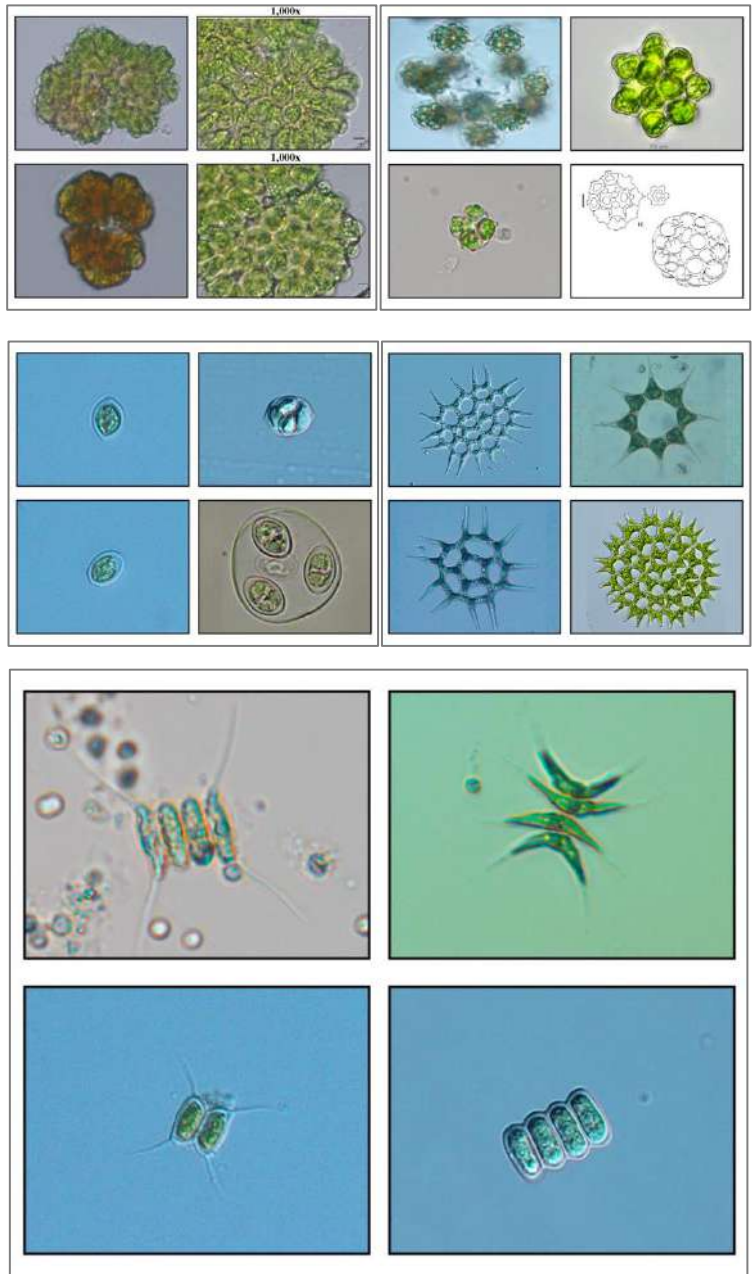
(7)計算每 mL 水樣中細胞數，算式： $\text{cell/mL} = C \times 1000 \text{mm}^3 / (50 \times N)$ 。

5.複式光學顯微鏡成像及藻類介紹。

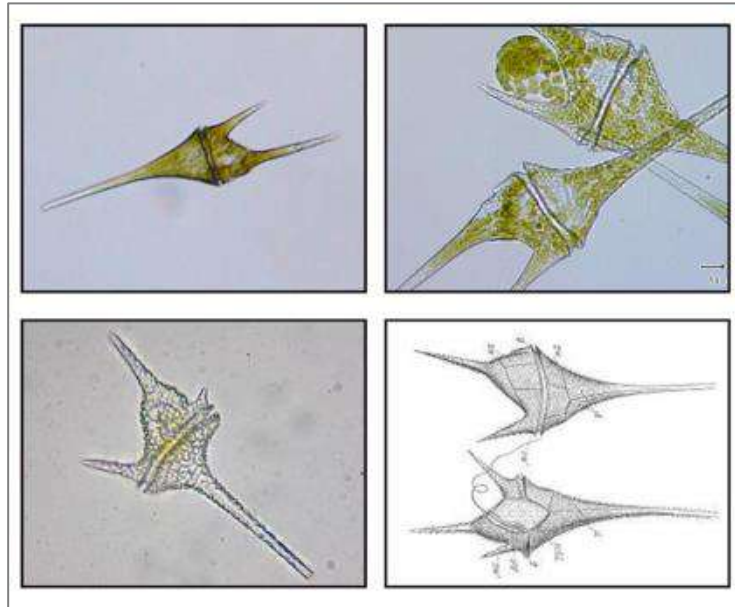
(1)藍綠藻門：介紹束絲藻、柱胞藻、魚腥藻、平裂藻、微囊藻、顫藻、擬魚腥藻等 7 種已知被歸類在藍綠藻門底下的藻種及其外形上之特徵。這 7 種藻類在複式光學顯微鏡下之影像如下，依序為第一列左圖、第一列右圖、第二列左圖、第二列右圖、第三列左圖、第三列右圖。



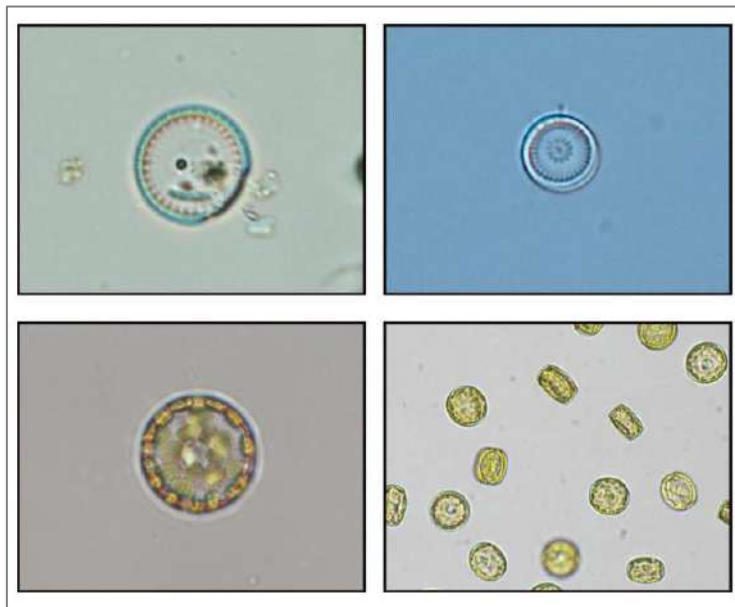
(2)綠藻門：介紹葡萄藻、空星藻、卵囊藻、盤星藻、柵藻等 5 種已知被歸類在綠藻門底下的藻種及其外形上之特徵。這 5 種藻類在複式光學顯微鏡下所看到的影像如下，依序為第一列左圖、第一列右圖、第二列左圖、第二列右圖及第三列圖示。



(3)甲藻門：介紹角甲藻外觀及特徵，有關該藻種之複式光學顯微鏡成像如下圖示。



(4)矽藻門：介紹矽藻外觀及特徵，有關該藻種之複式光學顯微鏡成像如下圖示。



八、第八場次：嗅覺層次分析法(FPA)

(一)英文題目：Hands-on training: Flavor Profile Analysis (FPA)

(二)演講人：國立成功大學邱宜亭博士。

(三)演講內容：(原文資料請見附錄八)

1.介紹嗅味層次分析法(FPA)原理及用途：FPA 是一種「感官」分析方法，用於評估食品、飲料及其它消費性產品(consumer goods)之味道及氣味(taste and odor)。通常需由訓練有素的評鑑人員或感官分析師進行評估，他們會對產品的風味特性進行「定性」及「定量」描述。在水質分析中，FPA 亦可用於評估原水或飲用水之味道及氣味，以確保供水品質及安全。

2.FPA 操作步驟：FPA 的目標是創建產品風味的完整描述，包括識別所有顯著的風味特徵，並將它們依照強度層次進行排列，整個過程涉及以下步驟：

(1)準備階段：選擇合適的評鑑人員，他們在風味分辨方面接受過專業訓練。

(2)訓練階段：對評鑑員進行訓練，以便他們能夠識別及描述特定類型的風味特徵。

(3)評估階段：評鑑員獨立評估樣品，並記錄下風味特徵及相應之強度。

(4)討論階段：評鑑人員彼此間進行討論，進而達成對風味特徵之共識。

(5)報告階段：編製最終報告，該報告包括風味描述及每種風味特徵的強度評分。

3.實際訓練過程：(使用標準方法 2170)

(1)初始篩選。(最少要達 75 分才能通過篩選)

(2)學會辨識不同的氣味來源。(以水樣進行訓練)

(3)標準嗅味閾值練習。

(4)嗅味門檻測試。

(5)氣味強度練習。

(6)進階氣味強度練習。

(7)學習辨識氣味強度之標準。

A. 這些水樣將會引導你辨識 3 種不同的 2-MIB 臭味強度。

B. 這些樣本使用前，應是在 500mL FPA 燒瓶中裝入 200mL 溶液，並加熱至攝氏 45 度維持 15 分鐘，並在進行嗅味測試前，需搖晃均勻。



圖 8、FPA 實務訓練過程



圖 9、頒發 FPA 實務訓練結業證書

肆、第二天參訪泗水飲用水公司

8月8日為研討會第二天，按照主辦單位安排的行程，主要是參訪位於泗水市的飲用水公司 PDAM(亦稱為 Surya Sembada)及轄管之水處理廠 Ngagel。泗水地區之飲用水供應始於 19 世紀末的荷蘭殖民時期。最初，乾淨的泉水主要藉由機動車輛運送，但由於技術及交通工具的限制，供應範圍十分有限。PDAM 這家國營公司成立於 1970 年代，由東爪哇省政府設立，主要負責生產及管理市政用水，包括民生、工業及公共衛生設施所需的飲用水。儘管 PDAM 隸屬於東爪哇省，為泗水地區(包括泗水市及周邊的 Gerbangkertosusila 都會區)的廣大居民提供充足且安全的飲用水，惟其仍以公司形式獨立運作，致力於提升當地之供水品質。

目前 PDAM 於泗水之供水普及率已達 98%，供水管線長達 6000 公里，成為當地最重要的供水機構。其用於生產飲用水之原水主要來自河川及湖泊，占有水源的 97%。印尼雖擁有豐富的地表水(surface water)資源，然因公共衛生設施不足，污水下水道的普及率低，使得河川容易受到生活污水、工業廢水及都市固體廢棄物的污染，導致原水水質惡化，淨水成本增加。這對當地的水務公司形成了嚴峻的挑戰。加上當地氣候變化劇烈，水質惡化加劇，水資源分配趨於失衡，泗水每年的供水量赤字已達 550 萬立方公尺，若以我國每人每日生活用水量 300 公升計算，在當地可能約有 5 萬位使用者受到影響。此外，目前使用的供水管線中，有 50% 已超過 25 年。不僅如此，部分管線尺寸為 1 或 2 英吋(為 25.8mm 或 50mm)，已無法滿足目前的供水需求。因此，減少河流污染、平衡資源分配及提高淨水效益是確保未來水資源安全的關鍵。鑒此，印尼主辦單位特意安排與我國成功大學及自來水公司的雙邊交流活動，以便彼此分享經驗，共同探尋解決方案。

PDAM 的服務範圍涵蓋東爪哇省中 4 個行政區，分別為泗水(Surabaya)、岩望(Pasuruan)、阿佐縣(Sidoarjo Regency)及格雷西克攝政區(Gresik Regency)。目前，PDAM 在泗水設有 6 間水處理廠(分為 Karangpilang 及 Ngagel 兩廠，各包括 3 期，共 6 間水處理廠)，為 98% 的用水戶提供服務。於 8 月 8 日當天的參訪行程是集中在上午時段進行，首先是前往位於泗水市 JALAN PROFESOR DOKTOR MOESTOPO 的 PDAM Surya Sembada Kota Surabaya 辦公大樓並與該公司董事長 Arief Wisnu Cahyono 會晤，然後前往

鄰近 Ngage 給水廠參觀及採集水樣。而當天下午則預留給成功大學研究團隊進行水質分析。以下摘要說明當天上午之會晤及參觀情形。

一、與 PDAM 董事長 Wisnu 會晤情形

PDAM 董事長 Wisnu 表示，泗水作為印尼的重要城市及東爪哇省的經濟、貿易及文化中心，有著悠久的歷史及繁榮的經濟。該市擁有 315 萬居民，若加上其周邊的 Gerbangkertosusila 都會區，人口總數達到 1000 萬。泗水的經濟總產值約為 384 億美元，年增長率約為 6%，經濟活動主要集中在服務業、零售業、製造業、住宿業及餐飲業等領域。泗水位於布蘭塔斯河流域內，該河流於 2018 年曾因在大量魚體內驗出含有嬰兒一次性尿布所特有之微型塑膠(microplastic)一度被稱為尿布河。此外，因流域內土壤肥沃，適於發展農業，且因人口稠密，污染源眾多，使其承受較高之污染負荷。

泗水於環境管理方面已採取許多積極措施，不僅擁有強大之廢棄物管理系統，亦有多個社區規模之處理場及堆肥場，以防止未經處理之廢棄物直接排入環境。泗水坐落於 Kalimas 河上(為布蘭塔斯河支流)，邇來因受到氣候變化影響，降雨強度增加，使洪災發生風險提高，特別是非正式河畔社區(指未經適當規劃或法律認可之建築區域)，更突顯水污染之隱性危機。泗水作為一個沿海城市，雖在潮間帶上擁有大片的紅樹林及完整的濕地生態系統，可保護海岸線免於海水侵蝕，惟受到溫室效應及氣候變化雙重影響之下，海平面持續上升，進而使鹽水入侵之風險提升。此外，由長期氣候趨勢表明，爪哇地區降雨季節可能會縮短，預計到 2100 年降雨量將減少 15%，這使水資源分配不足的問題持續擴大。

泗水正面臨嚴重之水資源管理挑戰。由於公共衛生設施已不足以因應與日倍增的都市人口，以及污水下水道之接管率較低，使地表水資源及居住環境易遭受人為排放所污染，這對水資源可持續利用及居民飲水安全構成嚴重威脅。另因氣候變化所導致之極端天氣事件，致水資源分配逐漸趨向失衡，造成當地水資源管理承受巨大壓力。董事長 Wisnu 表示，為因應相關挑戰，泗水市政府及 PDAM 必須採取一系

列措施，包括提升水質檢驗及淨水處理技術、精進水質預警機制、改善水資源管理、提高水資源利用效率、優化供水網絡及提高公眾對水資源保護之意識等。同時，加強國內外技術交流與合作，學習先進水資源管理經驗，亦是確保水資源可持續利用的重要途徑。

在與印尼泗水 PDAM 工作人員進行交流的過程中，我們瞭解到當地飲用水水源面臨著一些挑戰，其中包括水中濁度、氮、磷、鐵及錳含量普遍較高的問題。舉例來說，在濁度方面，特別是在雨季，水中濁度最低為 700NTU，為我國全年平均數倍甚至數十倍以上。這些情況可能與當地獨特的地質條件、氣候特點、國土規劃及衛生設施建設程度有關。於地質方面，泗水位於印尼的爪哇島上，這裡的火山活動頻繁，火山密度及活躍程度都相當高。這樣的地質環境導致水中礦物質含量偏高。此外，由於泗水位於熱帶地區，全年氣候溫暖且濕潤，河流水量豐富，但這也帶來了高度的非點源污染(nonpoint source)問題。在印尼，特別是在泗水這樣的地區，污水下水道及污水處理設施之覆蓋率在亞洲地區處於較低水平。由於缺乏完善的衛生系統，許多家庭被迫自行安裝化糞池，或者將生活污水直接排放到河流及運河中，這直接導致水中氮、磷濃度的提高。

為協助 PDAM 透過「水源水質改善策略」及「末端處理技術」以因應相關挑戰及提升供水品質，林財富教授在現場以「鳳山水庫原水水質改善計畫工程」為例，向 Wisnu 董事長介紹流動床生物薄膜反應器(Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR)技術，並強調應用我國自主研發且已取得專利之 BioNET 生物擔體。本公司與會人員則是針對鐵及錳之因應策略與處理技術提供淺見，並向 PDAM 說明本公司之相關經驗。其說明內容是在此次會晤後，以書面提供林財富教授，再協助轉達 PDAM。相關之中、英文說明內容臚列如下：

(一)中文版內容：

1.抗旱地下水的水質變化：

(1)水源水質與地質成分有關，地下水因富含鈣、鎂、鐵、錳離子等礦物質，其中鐵、錳為水中色度來源，致抗旱時啟用之地下水、伏流水之總溶解固體量、總硬度、鐵錳及色度偏高。

(2)水源水質與地質成分有關，地下水因富含鈣、鎂、鐵、錳離子等礦物質，其中鐵、錳為水中色度來源，致抗旱時啟用之地下水、伏流水之總溶解固體量、總硬度、鐵錳及色度偏高。

(3)水源水質與地質成分有關，地下水因富含鈣、鎂、鐵、錳離子等礦物質，其中鐵、錳為水中色度來源，致抗旱時啟用之地下水、伏流水之總溶解固體量、總硬度、鐵錳及色度偏高。

2.水體中鐵、錳含量偏高的因應對策：

(1)水質監測與評估：定期監測水中鐵、錳含量，有助於及早發現任何水質問題並採取適當措施。

(2)水質處理：利用氧化、過濾及沉澱，來降低地下水中的鐵及錳含量。這些處理過程可將鐵及錳從水中去除或轉化成不可溶的沉澱物。

(3)活性碳過濾：可以有效去除鐵及錳等金屬離子。

(4)氧化處理：氧化是將鐵及錳氧化成不可溶的形式，從而使其易於去除的過程。可透過添加氧化劑，如空氣或氯來完成。

(5)選址策略：在水源選址方面，選擇較少含有鐵及錳的地下水源。

(6)水井管理：定期維護及管理水井可以減少鐵及錳積聚的風險。定期進行清洗及維修可以確保水井的運作效能。

(7)公眾教育：向居民提供關於水質及使用的教育，以幫助減少對含有高鐵及錳含量地下水的的使用。

3.水體中鐵、錳去除方法：

(1)曝氣法：利用空氣中的氧氣增加水中溶氧，促進鐵、錳離子之氧化。以曝氣法去除鐵離子時，水體之 pH 至少需高於 6.5，錳離子須於 pH 大於 9 之條件下才能氧化。以氧氣氧化鐵、錳離子時，會消耗鹼度，可於水中添加石灰，提高 pH 值至 10 以上，使鐵及錳離子被氧氣氧化，形成沉澱物進而去除。

(2)接觸氧化法：含鐵、錳之地下原水通過以錳砂或錳沸石等錳氧化物為濾料之濾床時，水體中之鐵、錳離子會被氧化並過濾去除。錳砂以綠砂(green sand)或人造沸石利用硫酸錳、氯化錳或

高錳酸鉀溶液處理而成。

- (3)加氯氧化法：加氯前氧化、混凝、沉澱及砂濾為常見去除鐵錳之方法，理論上以氯氣氧化 1mg/L 二價鐵離子需使用 0.64mg/L 之氯氣；而氧化 1mg/L 二價錳離子需 1.29mg/L 之氯氣。
- (4)添加強氧化劑如過錳酸鉀：過錳酸鉀在水質 pH5.5 以上均適用於氧化水中的鐵及錳，且 pH 越高，反應速率越快。因價格較氯高許多，故實務上會以氯氣氧化鐵及其他還原性物質，而高錳酸鉀保留專以對付錳離子。然而，當水中殘餘的過錳酸鉀達 0.05mg/L 時，即會顯現出淡紅色。
- (5)臭氧氧化法：以臭氧氧化水中鐵及錳的反應速率很快，但臭氧產生設備較複雜，成本高，較少單獨為去除鐵及錳而設。當臭氧濃度過量時，會產生過錳酸根離子，使水呈現粉紅色。
- (6)傳統處理程序中的固體與液體分離單元：利用氣曝法及加氯氧化後，再透過使用鋪設錳砂之快濾桶進行過濾。錳砂為表面附著一層二氧化錳，外觀紫黑色濾砂，其粒徑大小界於 0.3~0.35 mm。使用錳砂前須先經過浸泡高錳酸鉀或氯次氯酸鈉後，利用強氧化劑將錳砂表面錳離子(Mn^{2+})氧化為固態態二氧化錳，其具有氧化及還原功能。
- (7)薄膜處理技術：由於地下水中主要含鐵、錳離子，而目前處理地下水中鐵、錳離子之方式，大多先將鐵、錳離子氧化為顆粒物質，再利用薄膜等方式進行去除，如 Ellis et al. (2000)使用空氣曝結合過錳酸鉀氧化地下水中鐵、錳離子並使用微過濾 (MF)進行處理。

(二)英文版內容：

1. Water Quality Changes in Drought-Resistant Groundwater

- (1)The quality of water sources is influenced by geological components. Groundwater, rich in minerals such as calcium, magnesium, iron, and manganese ions, particularly iron and manganese as sources of coloration in water, contributes to elevated levels of total dissolved solids, total hardness, iron, manganese, and

coloration when utilizing groundwater and subsurface flow water during drought conditions.

(2)The quality of water sources is linked to geological compositions.

Groundwater, due to its mineral-rich nature containing ions like calcium, magnesium, iron, and manganese, with iron and manganese contributing to water coloration, results in increased concentrations of total dissolved solids, total hardness, iron, manganese, and coloration during drought periods.

(3)The quality of water sources is associated with geological constituents.

Groundwater's mineral content, encompassing calcium, magnesium, iron, and manganese ions, where iron and manganese act as coloration sources, leads to elevated levels of total dissolved solids, total hardness, iron, manganese, and coloration in groundwater and subsurface flow water during drought-resistant utilization.

2.Strategies for Addressing Elevated Iron and Manganese Levels in Water Bodies

(1)Water Quality Monitoring and Assessment: Regularly monitoring the levels of iron and manganese in the water helps to promptly identify any water quality issues and take appropriate measures.

(2)Water Treatment: Utilizing oxidation, filtration, and precipitation to reduce the levels of iron and manganese in groundwater. These treatment processes can remove or convert iron and manganese into insoluble precipitates.

(3)Activated Carbon Filtration: Effective in removing metal ions such as iron and manganese.

(4)Oxidation Treatment: Oxidation involves converting iron and manganese into insoluble forms, making them easier to remove. This can be achieved by adding oxidizing agents like air or chlorine.

(5)Site Selection Strategy: In water source selection, opting for

underground water sources with lower iron and manganese content.

(6)Well Management: Regular maintenance and management of wells can reduce the risk of iron and manganese accumulation. Periodic cleaning and repairs ensure the operational efficiency of wells.

(7)Public Education: Providing residents with education on water quality and usage to help reduce the use of groundwater with high iron and manganese content.

3.Methods for Iron and Manganese Removal in Water Bodies

(1)Aeration Method: The aeration method involves introducing oxygen from the air into the water to enhance dissolved oxygen levels, promoting the oxidation of iron and manganese ions. For the removal of iron ions through aeration, the pH of the water must be maintained above 6.5, while manganese ions require a pH greater than 9 for oxidation. Oxygenation using air will consume alkalinity, which can be countered by adding lime to elevate the pH to 10 or above. This facilitates the oxidation of iron and manganese ions by oxygen, leading to the formation of precipitates that can be subsequently removed.

(2)Contact Oxidation Method: The contact oxidation method employs filtration beds with manganese oxide materials, such as manganese sand or manganese zeolite, for groundwater containing iron and manganese. As water passes through these beds, iron and manganese ions undergo oxidation and are filtered out. Manganese sand, derived from green sand or synthetic zeolite, is treated with manganese sulfate, manganese chloride, or potassium permanganate solutions to create effective filtration media.

(3)Chlorine Oxidation Method: Prior to chlorination, oxidation, coagulation, sedimentation, and sand filtration are commonly used methods for iron and manganese removal. In theory, the oxidation of 1 mg/L of ferrous iron requires 0.64 mg/L of chlorine gas, and

the oxidation of 1 mg/L of divalent manganese ions requires 1.29 mg/L of chlorine gas.

(4) Addition of Strong Oxidants such as Potassium Permanganate: Potassium permanganate is effective in oxidizing iron and manganese in water with a pH of 5.5 or higher. The reaction rate increases with higher pH levels. While more expensive than chlorine, potassium permanganate can be used specifically for treating manganese ions, while iron and other reducible substances are often oxidized using chlorine gas. However, when residual potassium permanganate in water reaches 0.05 mg/L, a faint pink color may appear.

(5) Ozonation Method: Ozonation rapidly oxidizes iron and manganese in water. However, the equipment required for ozone generation is complex and costly, making it less common for standalone iron and manganese removal. Excessive ozone levels can generate permanganate ions, resulting in a pink color in the water.

(6) Solid-Liquid Separation in Conventional Treatment Processes: After aeration and chlorine oxidation, the water undergoes solid-liquid separation through a rapid sand filter containing manganese sand. Manganese sand, with surface-bonded manganese dioxide, is characterized by its purplish-black appearance and particle size ranging from 0.3 to 0.35 mm. Prior to use, manganese sand is pre-soaked in potassium permanganate or sodium hypochlorite solution. Oxidation of manganese ions (Mn^{2+}) on the surface of manganese sand to solid-state manganese dioxide is achieved using strong oxidants. Manganese sand also possesses oxidation and reduction capabilities.

(7) Membrane Treatment Technology: As iron and manganese ions are prevalent in groundwater, conventional methods often involve oxidizing them into particulate matter before employing membrane-based approaches for removal. For instance, Ellis et al.

(2000) utilized air aeration in conjunction with potassium permanganate oxidation to treat iron and manganese ions in groundwater, followed by microfiltration (MF) for further processing.

最後，Wisnu 董事長指出，泗水的水資源管理是一個極其複雜且涉及多個方面的課題。欲實現水資源的可持續利用，並保障經濟社會的發展及居民的生活品質，需要政府、企業及社會各界的共同參與及努力。PDAM 的夥伴非常期待未來再有機會與我國專家學者及水務人員共同探討相關議題，分享經驗，促進雙方合作及交流，共同為水源保護及水資源之可持續利用性作出貢獻。(如圖 8 所示)



圖 10、與印尼 PDAM 董事長合影

(左二為 PDAM 董事長 Arief Wisnu Cahyono、左三為林財富教授、左四為 ITS 教授 Warmadewanthi)

二、參訪水處理廠 PDAM Ngagel

結束會晤後，便前往鄰近 Ngagel 水處理廠參觀。在泗水，PDAM 擁有 6 間淨水場，為泗水市逾 300 萬人口提供清潔之飲用水。PDAM 旗下的 Ngagel 水處理廠是由 3 間淨水場所組成的大型水處理設施群，這些設施分別被命名為 WTP Ngagel I、II 及 III 淨水場，合計日處理水量為 384480 立方公尺。該廠的水源來自於流經市區的「卡利泗水河 (Kali Surabaya river)」。由於此河流途經密集之住宅區及工業區，河水在流經這些區域時不可避免地接觸大量的生活污水及工業廢水，這使河水中的氮、磷、重金屬及懸浮固體含量遠高於一般河流，而成為泗水市所應面對之水質處理的挑戰。

由美國 EPA 建置之「STORET 資料庫」，其英文全名為 Storage and Retrieval，中文意思為「儲存」及「檢索」，是一套全面的水質及生態數據公共存儲系統。這套系統提供了一個平臺，集中存儲來自全國各地的水質數據，包括化學污染物的濃度、水的物理特性及生物條件等各種指標。STORET 旨在支援從事水質監測工作的專業人士及機構，他們可以在這個平臺上登記監測站點、上傳採集的水樣數據，並進行後續的數據解析。在印尼，STORET 的應用及管理模式已獲得廣泛推廣及實施。透過綜合的數據分析，當地政府能夠掌握卡利泗水河的水質狀況，並發現該河流受污染之範圍已達 50%。根據印尼的水質相關法規，卡利泗水河的水質屬於第二級，即其水質雖不適合直接飲用，惟經適當處理後仍可用於特定之民用及工業用途。

由於 Ngagel 廠的 3 座淨水場散落於不同的區域，即整座水處理廠之占地面積非常大，因此 PDAM 工作人員僅帶領參觀人員徒步繞行整座 Ngagel I 淨水場，並參觀該場淨水處理流程及設施。Ngagel I 淨水場是泗水運營的第一座淨水場，出水量為 60L/s，即 5184 CMD，是透過賈吉爾大壩(Jagir Dam)重力流系統從卡利泗水河抽取原水，並穿過運河及攔污柵後進入曝氣單元(Aeration)，而處理過後的飲用水是透過配水管網分送至文諾克羅莫(Wonokromo)、龍格庫特(Rungkut)、泗水南部、普昌(Pucang)及泗水北部等地區。該場為典型水處理程序，大致可分為混凝、沉澱、過濾及消毒這 4 個步驟。有關場內主要的水處理設施及淨水藥劑彙整如下：

- (一)預沉澱(Prasedimentation)：為場內第二道水處理單元，為前處理設施，主要是透過重力沉降方式移除水中大顆粒物質。
- (二)階梯式曝氣設備(Cascade Aerator)：水由設備頂部溢流而下，並經過一系列階梯流動以進行曝氣(如同瀑布景觀)。其目的是為了引入氧氣進入至水中，以移除溶解在水中的氣體，如硫化氫，亦有助於氧化水中鐵及錳等重金屬物質。
- (三)聚電解質反沖洗(Polyelectrolyte Backwash)：是指以聚電解質，使水中膠體顆粒凝聚成團，並成為更容易被過濾的高分子聚合物。而反沖洗則是提供反向水流並通過過濾單元以清除累積之膠體顆粒。
- (四)過錳酸鉀(KMnO_4)及次氯酸鈣($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)：兩者是用來進行氧化及消毒用途。高錳酸鉀是在原水進入場內的第一道水處理單元(即曝氣單元)中被加入至水中，主要是為了氧化鐵、錳及其它物質。次氯酸鈣則是加入第二道處理單元(即預沉澱)之中的處理水，被作為消毒之用途。
- (五)高嶺土(Kaolin)及硫酸鋁($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)：在場內，高嶺土被用作助凝劑，而硫酸鋁則為混凝劑，分別添加在階梯式曝氣設備前端之明渠中，以移除水中細小膠體顆粒。
- (六)過濾(Filtration)：水通過過濾器以移除任何剩餘的懸浮顆粒。
- (七)清水井(Clear Well)：濾後出水存放在清水井中，之後進入配水管線。
- (八)前進泵(Forwarding Pump)：使用泵來推動水流通過每道處理程序，並輸送至分配點。
- (九)後氯(Post Chlorination)：在主要處理過程後，於水中加入氯，以避免飲用水在配水管網中遭受二次污染。

根據印尼國家發展規劃部的統計數據顯示，印尼全國飲用水供應的普及率平均約為 21%。而在泗水市，供水服務之覆蓋率顯著高於這一平均水平，特別是在市中心區域供水服務相對完善。儘管如此，泗水市與許多發展中國家的城市一樣，面臨著供水服務分布不均的問題。

特別是一些區域由於基礎設施建設的限制，難以獲取穩定可靠的供水。

泗水的公共飲用水供應公司 **PDAM** 針對不同的供水對象實行分級水價制度。該策略旨在透過差異化的價格結構，實現社會經濟目標，例如透過對低收入家庭的水價補貼，以及對商業用水的高費率設定來促進節水。

水價分級制度的設計充分考慮了當地的經濟狀況及供水成本，以確保公平性及可持續性。家庭用戶、學校、消防栓、禮拜場所以及出租公寓等用戶享有較低的水價，這是為了確保社會各界都能夠負擔得起基本的水服務。相比之下，機場及海港這樣的企業用戶由於其對水資源的高消耗及較強的經濟能力，因此面臨著更高的用水成本。

PDAM 當前的供水服務計劃分為兩個階段進行。第一階段聚焦於擴大供水範圍，確保飲用水能夠普及到更多用戶。隨著覆蓋率的提升，第二階段將致力於持續改進水質，以實現供應直飲水的長遠目標。

為了進一步擴展服務內容，**PDAM** 亦與泗水理工大學(**ITS**)合作，規劃開發瓶裝飲用水業務。這一計劃目前還處於初步階段，預計將利用岩望及翁布蘭(**Umbulan**)泉水作為瓶裝飲用水的水源，並計劃將產品銷售給泗水市區域設備局(**OPD**)。這一新業務的開展，將有助於 **PDAM** 拓寬服務範圍，同時也為當地居民提供更多樣化的飲用水選擇。



圖 11、於 Ngagel I 攔污柵採集原水水樣



圖 12、Ngagel I 曝氣單元



圖 13、Ngagel I 階梯式曝氣設備



圖 14、Ngagel I 沉澱池



圖 15、與 Ngagel 生產經理 Eris Trijoko 合影

伍、心得與建議

一、心得

參與印尼泗水「飲用水水質改善研討會」是一次充滿學識性之交流體驗。在這場會議中，由會議組織、課程編排再到與會人員(含演講人)專業之多樣性，充分呈現全球化合作於解決當前水質問題上的重要性。我特別對會議中所涵蓋之多樣議題印象深刻，諸如氣候變遷的挑戰、永續發展的實踐及飲用水水質之改善策略，皆為當前及未來科學研究與公共政策之重點方向。

透過專題演講及實務訓練的互動，讓我獲得相當寶貴的知識及見解。另外在印尼泗水 PDAM 參訪過程中，不但讓我有機會親眼見到不同水處理技術於實際上的應用(如電混凝)，亦使我深化對當地水質管理實務的瞭解。在水樣採集與水質分析的行程，也讓我得以將理論知識和實際操作相結合，同時讓我深刻瞭解到作為一名水務從業人員，尤其是一位主要從事檢驗業務的我，不應滿足於符合環保法規這項最低的要求為限，而是在面對當今複雜的外在條件(如氣候變遷、城市擴張、極端氣候事件等)影響之下，如何以新穎的思維及檢驗方法，並以淨水處理全流程的規模，來達成風險管理之目標，甚至在異常水質事件發生時，精準確定問題來源，並有效化解危機。

此外，會議中對於氣候變遷下所可能面臨水質問題之探討，尤其引起我的思考。隨著全球氣候的變化，我們必須調整現有的水質管理策略，以應對日益嚴峻的環境挑戰。在會中由專家們分享的研究成果及未來趨勢，不僅提供解決方案，同時還指出新的研究方向，這對如何在未來制定有效的水質改善規劃具有重要啟示。我認為這場會議是一次極為成功的學術與實務相結合的盛會，使我們有機會在全球化背景之下，共同探討及解決有關水安全的問題。除可增強個人之專業知識，亦可強化跨國界之合作網絡。

另有關我對首日會議中 7 場次演講議題(不含個人所演講的內容)與內容，以及第二天參訪 PDAM 後，有以下幾點感受及體悟，分別敘明如下：

(一)水資源及衛生設施對人類健康與社會繁榮之重要性：

「量足質優」的飲用水及完善的衛生設施對於維護人體健康、促進社會福祉及繁榮具有不可忽視的重要性。提供乾淨、安全的飲用水及良好的衛生條件是基本人權，並對減少病媒孳生及疾病傳播至關重要。安全可靠的飲用水能夠有效避免因飲用受污染之水源所導致的疾病，這對兒童及弱勢群體尤為重要。

據統計，目前全球有超過 8 億人缺乏安全可靠的淡水，超過 25 億人缺乏基本的衛生設施，每年有數百萬人因飲水污染及不良衛生條件而死亡，而其中有大多數是孩童。因此，提供清潔的飲用水是降低孩童死亡率及改善國民健康的關鍵。

完整妥善的衛生設施及良好的環境衛生對防控傳染病與提升生活品質同樣重要。衛生的廁所及廢(污)水處理不僅能減少環境污染，還能阻斷病原體傳播途徑，降低疾病發生率，且有效提升飲用水水質。此外，充足的水資源及優質的衛生設施對經濟發展與社會繁榮，亦有積極推動作用，並對社會形成良性循環。水是工業生產及農業灌溉不可或缺的資源，而良好的衛生條件能夠提升勞動效率，減少因疾病造成的勞動力損失，進而促進經濟增長。

綜上所述，提供充足且優質的水資源及衛生設施對保障人類健康、提升生活品質與推動社會繁榮具有不可替代的作用，是實現可持續發展目標的基石之一。政府、社會及每位公民都應共同努力，確保水資源之合理利用，並不斷改善衛生條件。

(二)民間社會於水資源管理及保護中所扮演的關鍵角色：

由人權及永續發展的角度來看，民間社會於水資源及水保政策之參與不僅合理且極為重要。基於人權的觀點，每個人都有權利獲取清潔的淨水及充足的衛生設施，而當地社區最瞭解水資源之狀況及需求，故公民參與決策過程對於確保水資源的合理分配至關重要。水資源的合理分配有助於防止資源壟斷，保障弱勢群體的水權。民間社會共同參與可促進政府決策透明化，確保資源有效公平使用，不但符合人權原則，亦為實現永續發展目標的重要途徑。

在水污染防治方面，民間社會的參與同樣重要。公眾意識及社區參與，能夠推動政府與企業對水資源保護的責任，促使採取必要措施，減少污染。藉由提高公眾對水資源保護之認知，可培養節水意識，推廣可持續使用水資源之生活方式及製程生產模式。同時，公民社會組織能夠發揮監督作用，對廢(污)水處理及水質標準的執行進行監督，確保政府及企業履行責任。此外，兩者亦可參與環境教育及政策宣導工作，推動社會對水資源保護之重視。

從人權及永續發展的角度而言，民間社會在水資源分配及水源保護中的參與是合理且必要的。這不僅有助於保障我們的水權，推動資源的公平使用，也是實現環境可持續發展的重要途徑。政府應當積極引入公民參與的觀念，並創造機會及條件，使民間社會於水資源管理中發揮更大的作用。

(三)以智能工具建構幸福水城市的重要性：

隨著「都市化」急速擴張，預計到 2050 年將有約 64 億人居住在城市中，屆時人們對水的需求將增加 55%。城市作為國家經濟發展的引擎，而供應充足且品質良好的淨水，是構築宜居城市的關鍵因素。同時，隨著大數據、物聯網、無線傳輸等資通訊技術的快速演進，利用「智能工具及技術並創建「智慧水城市」，與水和諧共存，已成為全球發展趨勢。

所謂「智慧水城市」是指利用先進資通訊技術進行集成管理，優化城市水資源利用，實現資源高效利用、環境保護及提升居民生活品質的目標。構築智慧水城市對提升能源效率、防治水污染、循環再利用水資源及防控天然災害等具有不可忽視的重要性與迫切性。在能源消耗方面，隨著都市化的加速，水資源供應及處理系統的能源需求急劇增加。智慧水城市透過優化水資源的管理，不但可降低能源消耗，提高水供應及處理效率，亦有助於減少溫室氣體排放，有效因應氣候變化。另於水污染防治方面，工業化及都市化帶來的水污染問題日益嚴重，對公眾的飲用水安全及生態環境造成威脅。智慧水城市透過實時監測水質並採用先進的處理技術，能夠快速應對污染事件，保護水資源，維護公眾健康。在水資源再利用方面，氣候變化對水循環造成破壞，水資源短缺的

問題日益嚴重。智慧水城市能有效回收及再利用污水，減少對自然水體的依賴，提高城市水資源的自給自足能力。在天然災害防控方面，由極端氣候引發的災害對城市安全造成嚴重威脅。智慧水城市能夠透過監測及預測提前發出警報，制定有效的應對措施，減輕災害帶來的損失。

綜上所述，建立智慧水城市不僅是實現水資源可持續利用的迫切需要，亦可提高城市應對天然災害的能力，保護環境，提升居民生活品質，促進經濟發展及實現綠色低碳發展的重要手段。

二、建議

根據聯合國人口及發展委員會(CPD)估計，印尼在未來幾年內，人口將以平均每年 0.6% 的速度增長。勞動力人口(指年滿 15 歲可以工作之民間人口，包含就業者及失業者)預計將增加至 2026 年底的 1.469 億。隨著勞動年齡人口的持續成長及民間受教育程度的提高，印尼將在中短期內受益於人口紅利(OOSGA 經濟小組)。反觀我國已自 2018 年正式邁入高齡化社會，加之少子化及青壯年人口比例迅速萎縮，我國經濟結構亦隨人口的改變而產生重大變化，如何兼顧高齡人口之生活品質，並減輕社會負擔，可從技術輸出及人才培訓、引進青年人才、文化交流與整合、經貿合作等策略來實現逆轉高齡化社會及減輕其帶來之衝擊影響。而從一間提供飲用水之國營企業的角度，可由以下具體策略並配合時政來達成此一目標。

(一)技術輸出及人才培訓：

本公司擁有亞洲最完整之水務方面的專訓中心，且對飲用水水質監測及處理技術有著豐富的經驗，因此可與印尼水資源管理單位或供水企業建立合作夥伴關係，將先進技術(如 AOP 系統)及管理經驗與之分享。同時，亦可與印尼教學單位及學術研究機構合作，並提供實習或培訓機會。

(二)引進年輕人才：

可與成功大學 WUN 全球研究小組合作，並規劃設立針對印尼的招聘計畫，尋找具有水務背景之年輕專才，並為新加入的印

尼員工提供專業培訓，使其更快適應本地之工作環境。

(三)經濟合作：

考慮在印尼建立合資企業，參與當地水資源管理或供水業務。此外，根據統計資料顯示，印尼 2013 年 BEI 全球商業英文程度指數為 5.57，可知該國於商業英文程度位居亞洲前列，因此可朝聘新移民員工，並將供水業務拓展到印尼市場，提供技術或產品銷售。

隨著東南亞國家之經濟持續成長，市場潛力日益擴大，我國需積極關注這些國家基礎設施的發展，以便在適當時機協助企業進駐，進而落實新南向政策之規劃。特別是在印尼，臺商已有豐富的進駐經驗，且該國近年來對環保的重視日增，人民生活水準提高，進而對水質要求亦愈趨嚴格。這可能是我們作為一間提供高品質飲用水公司新的發展機遇。

Treatment of Cyanotoxins and T&O Compounds in Drinking Water

Tsair-Fuh Lin (林財富)

National Cheng Kung University
Taiwan

August 07, 2023



合心同炬
歷久如一

藏行顯光·成就共好



Workshop on Water Quality Improvement for Drinking Water



Tsair-Fuh Lin

Department of Environmental En
National Cheng Kung University

財富 - rich

成功 - success

Education

- ◆ PhD in Env Eng, University of California, Berkeley (1995)

Experience

- ◆ President, Chinese Institute of Environmental Engineering
- ◆ Chair Professor, Department of Environmental Engineering, NCKU
- ◆ Vice President for R&D, NCKU
- ◆ Director, Global Water Quality Research Center, NCKU
- ◆ Director, Tainan Hydraulics Laboratory, NCKU
- ◆ Governing Member, International Water Association



Contact

- ◆ Tel: 06-2364455; e-mail: tflin@ncku.edu.tw

A RICH man teaching in the SUCCESSFUL University



2

Outline

- Background
- Conventional Processes
- Oxidation Processes
- Activated Carbons
- Take Home Messages



Myponga, SA 2006-10-24



nature International weekly journal of science

Home | News & Comment | Research | Careers & Jobs | Current Issue | Archive | Audio & Video | For

News & Comment > News > 2013 > December > Article

Nature | News
Algal blooms hit South Korean rivers
 Soo Bin Park 21 August 2012

Algal blooms widespread in Nakdong River: environment group

YONHAP NEWS AGENCY
 2013/07/24

YONHAP NEWS

5

THE PHILIPPINE STAR
 TRUTH SHALL PREVAIL

Maynilad: Algae behind unusual odor, taste
 By Czeriza Valencia (The Philippine Star) | Updated June 10, 2015 - 12:00am

Like 21

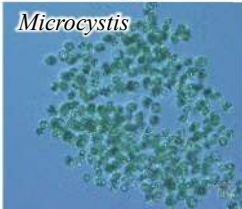
... and Manila to
 ... said. "This is an event that
 ...
 ... has an abnormal odor,
 ... using activated carbon,
 ... out of the plant and
 ... still has an unusual
 ... erage System (MNSS).
 Maynilad about this.

METRO MANILA
 RIZAL
 CAVITE
 BATANGAS
 QUEZON
 Laguna de Bay
 BAY
 Taal Lake


6

Cyanobacteria


Microcystis




Cylindrospermopsis



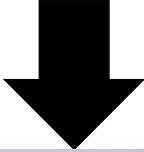
Pseudanabaena







Dolichospermum



Blue Green Algae
Cyanobacteria












7

Issues Caused by Cyanobacteria in Source Water

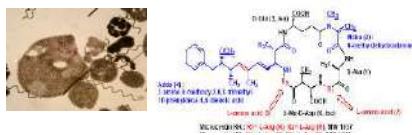
- **Drinking Water Treatment**
 - Filter Clogging**
 - More Chemicals Needed**
- **Drinking Water Quality**
 - More Disinfection Byproducts**
 - Toxins**
 - Taste and Odor Compounds**

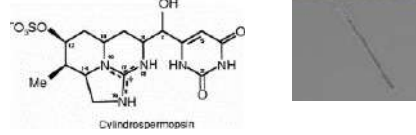


8

Common Cyanobacterial Metabolites



Microcystins
(hepatotoxin, DW Std < 1 µg/L)



Cylindrospermopsin
(liver, gastrointestinal, < 1 µg/L)

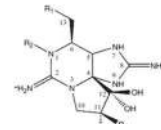
BMAA
AEG
DAB
Cyanopeptides



Geosmin
(earthy, < 10 ng/L)



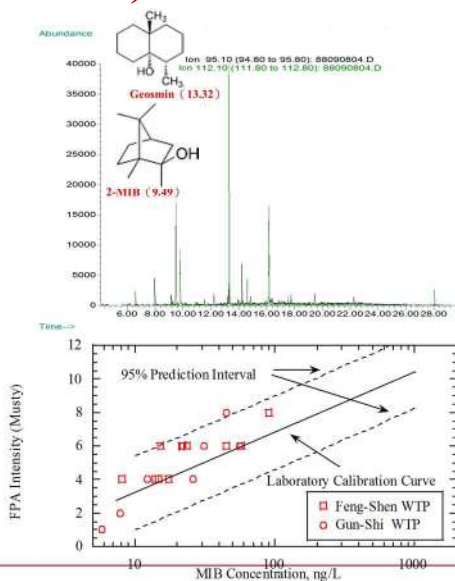
2-Methylisoborneol 2-MIB
(musty, < 10 ng/L)



Saxitoxin
(neurotoxin, < 3 µg/L)



Taste and Odor Compounds (2000s)



GS/MS

2-Methylisoborneol
(musty, < 10 ng/L)

FPA and MIB

OTC ~
10 ng/L

Correlation of musty odor and 2-MIB in two drinking water treatment plants in South Taiwan
Tsair-Fuh Lin*, Jim-Yue Wong, Hsiao-Pin Kao
Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University, Tainan City, 70001, Taiwan, ROC
Received 23 February 2001; accepted 10 September 2001

Effect of residual chlorine on the analysis of geosmin, 2-MIB and MTBE in drinking water using the SPME technique
Tsair-Fuh Lin*, Chia-Ling Liu, Feng-Chen Yang, Hsu-Wen Hung
Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University, Tainan City 70001, Taiwan, ROC

表 4-15 屏東東港鎮用戶 MIB 濃度值(1998.05.11 採樣)

用戶(1)	用戶(2)	用戶(3)	用戶(4)	用戶(5)	
濃度(ppt)	80.3	71.2	245.3	119.7	152.0

表 4-16 屏東東港鎮用戶與輸水管線 MIB 濃度值(ppt)(1998.05.21 採樣)

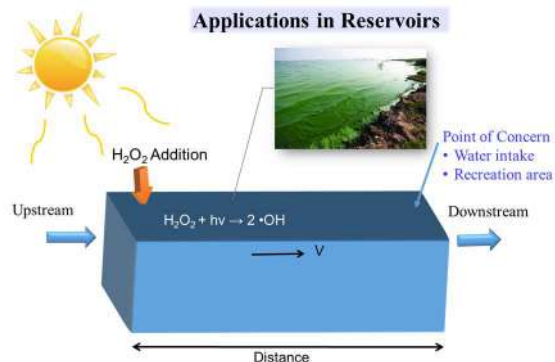
用戶(1)	用戶(2)	用戶(3)	用戶(4)	
濃度(ppt)	79.67	68.8	71.5	N.D.

輸水管線(1)	輸水管線(2)	輸水管線(3)	輸水管線(4)	
濃度(ppt)	108.1	232.6	60.7	165.9

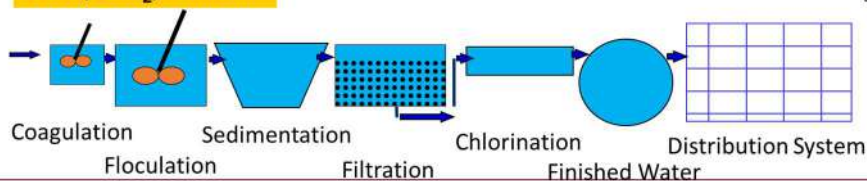
(高小萍, 1998)

Monitoring and Treatment of Cyanobacteria and Metabolites in Drinking Water Sources and Plants

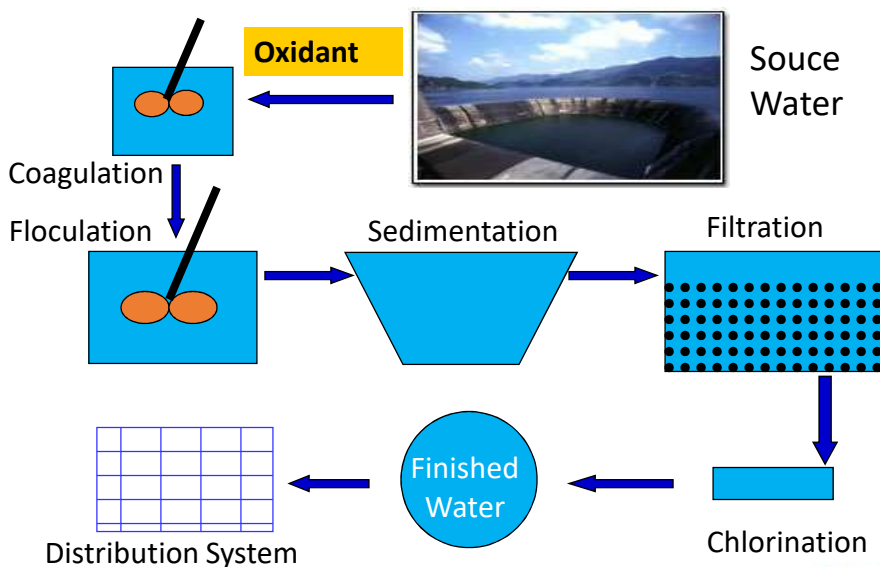
- ◆ Monitoring Technologies
- ◆ Management of Source Waters
- ◆ **Water Treatment Technologies**

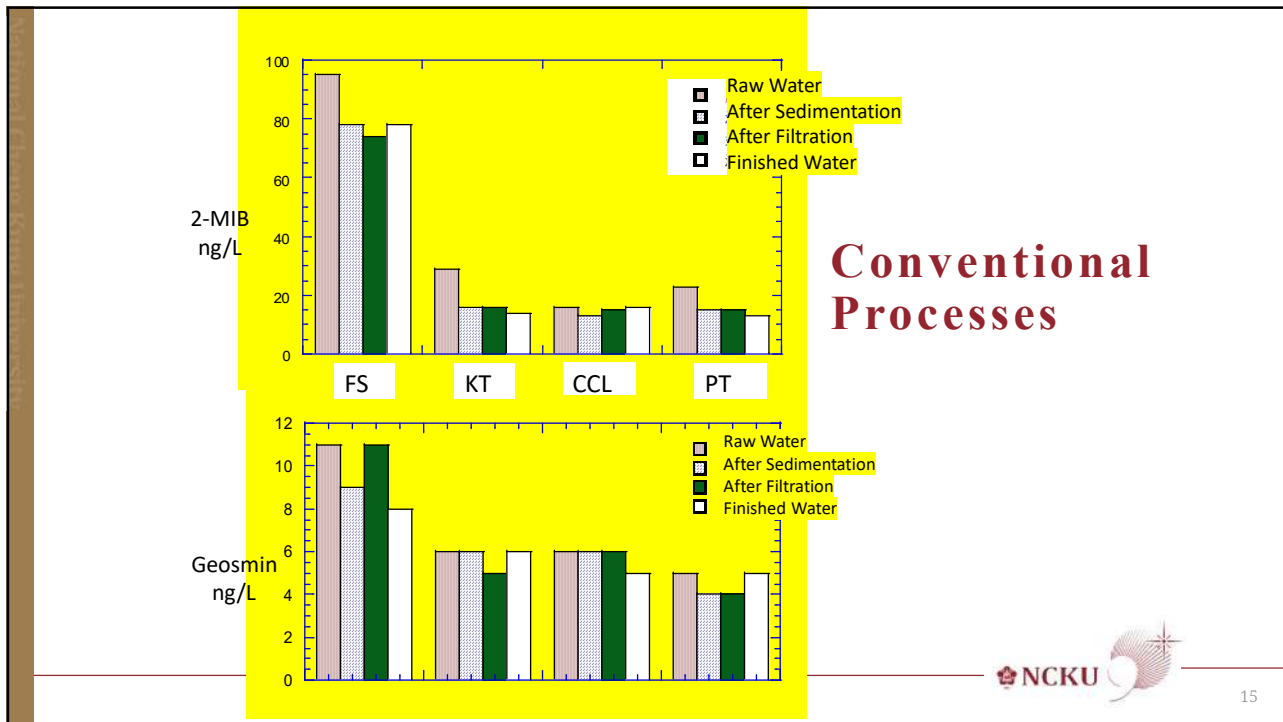


HOCl, ClO₂, KMnO₄




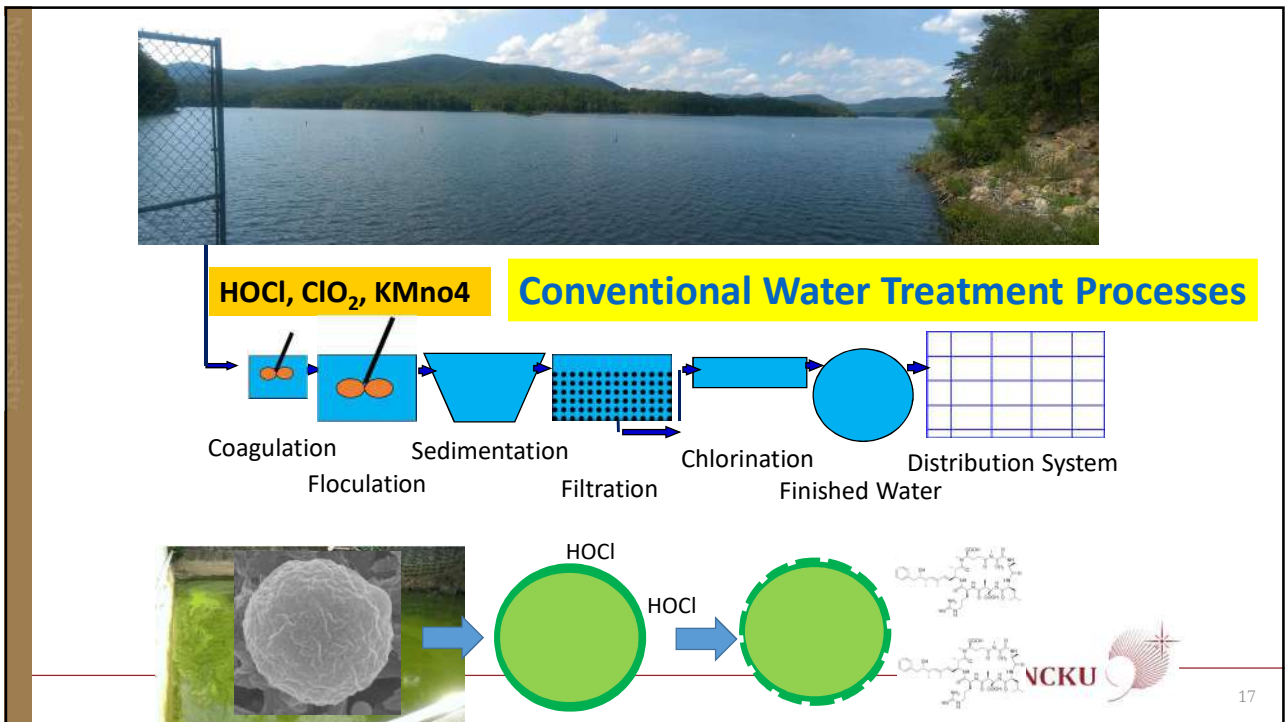
Conventional Water Treatment Processes





Oxidation of Cyanobacteria and Metabolites


16



539 © IWA Publishing 2009 Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA | 58.8 | 2009

Effect of chlorination on the cell integrity of two noxious cyanobacteria and their releases of odorants

Tsair-Fuh Lin, De-Wei Chang, Shao-Kai Lien, Yun-Shen Tseng, Yi-Ting Chiu and Yi-Shen Wang

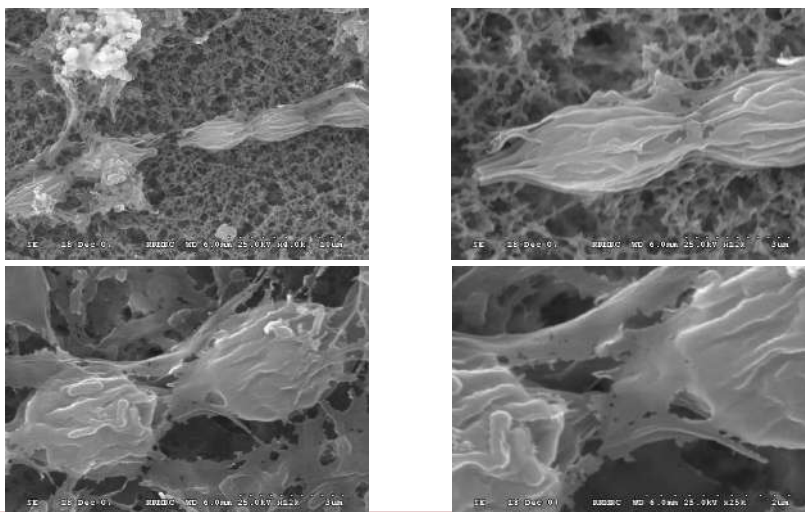
SEM Microphotos of *Anabaena* (Before Oxidation)

SE 13-Dec-07 KR481C WD 6.1mm 25.0kV X4.0k 10um

SE 18-Dec-07 KR481C WD 6.1mm 25.0kV X4.0k 5um

18

SEM Microphotos of *Anabaena* (Chlorination @ 1mg/L and 1 min)



19

Rate Constants for Models

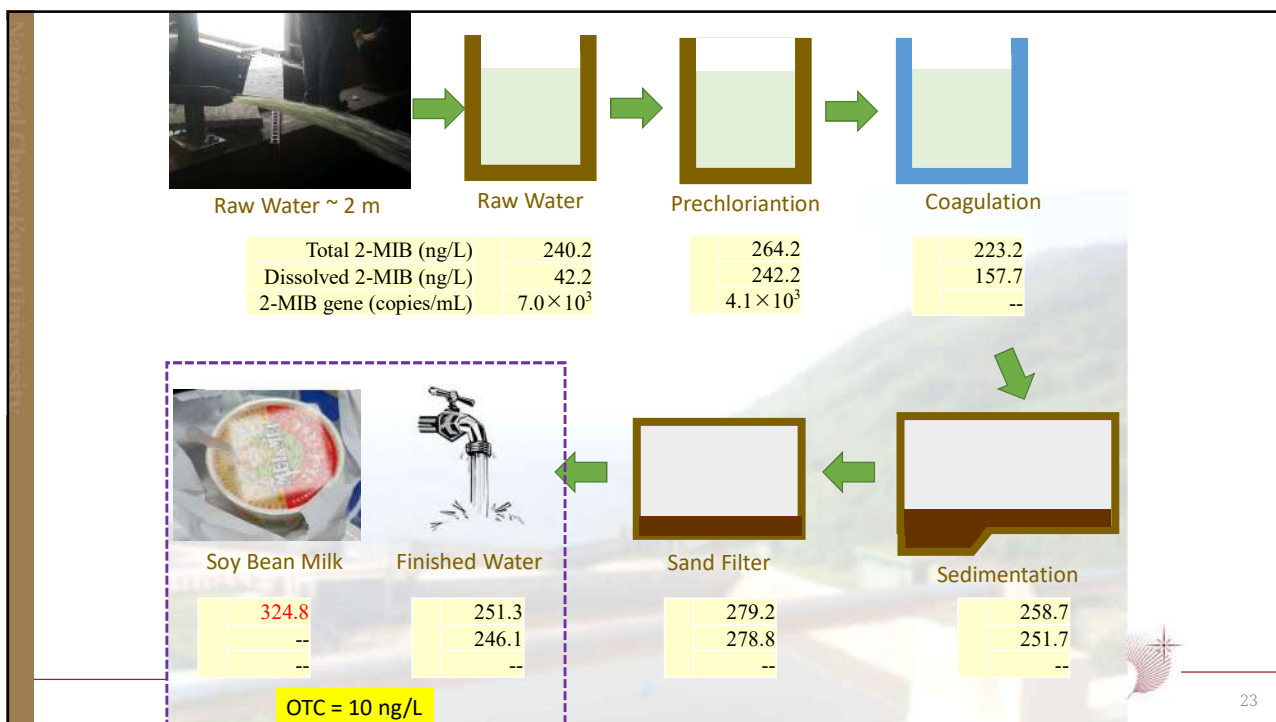
$$\frac{dC}{dt} = -k C C_{ox}$$

	Cyanotoxins	Cyanobacteria
	MCLR	<i>Microcystis aeruginosa</i>
HOCl	33 ^a ; 10-96 ^g	670 ^g ; 70-1100 ^f
MnO ₄ ⁻	357 ^a ; 408 ^j	67.7 ^j ; 10-44 ^k

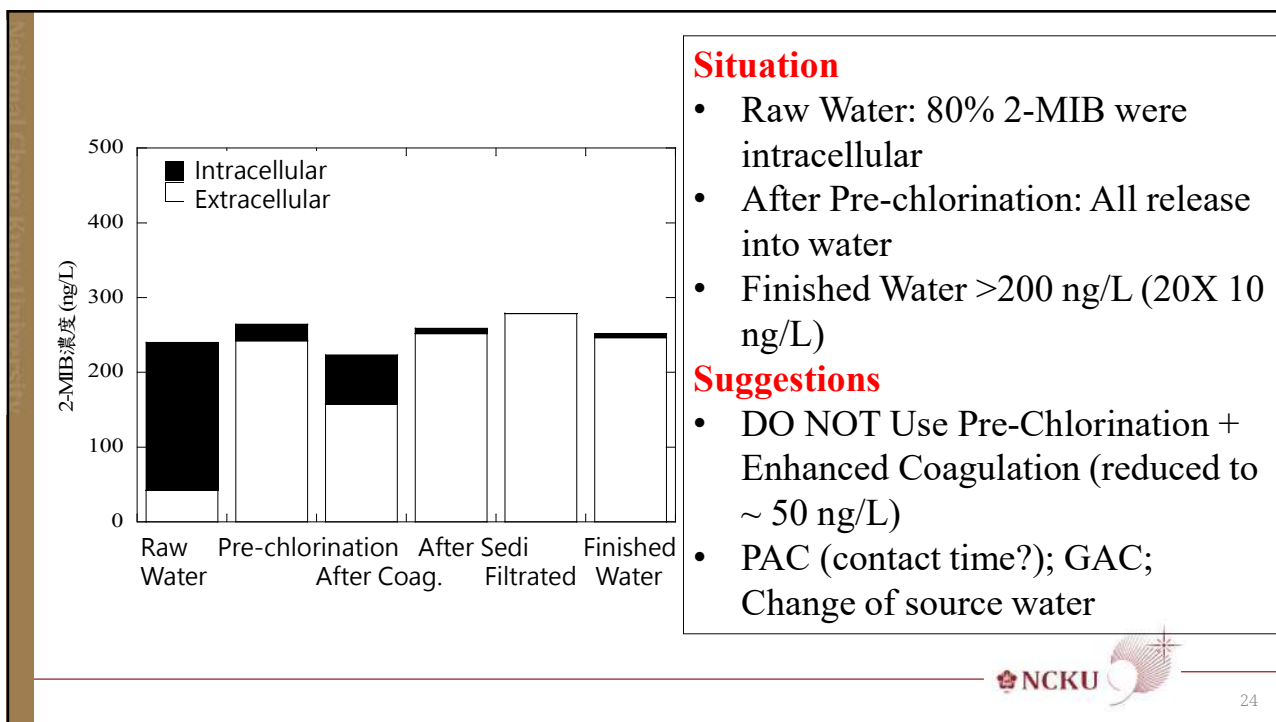
- Chlorine: $k_{cell} \gg k_{MC}$;
More chlorine dose is needed to destruct the released MC
- Permanganate: $k_{cell} < k_{MC}$;
MC will be destructed faster than the released rate.



20



23



Situation

- Raw Water: 80% 2-MIB were intracellular
- After Pre-chlorination: All release into water
- Finished Water >200 ng/L (20X 10 ng/L)

Suggestions

- DO NOT Use Pre-Chlorination + Enhanced Coagulation (reduced to ~ 50 ng/L)
- PAC (contact time?); GAC; Change of source water

24

Powdered Activated Carbon (PAC)

◆ Homogeneous Surface Diffusion Model (HSDM)

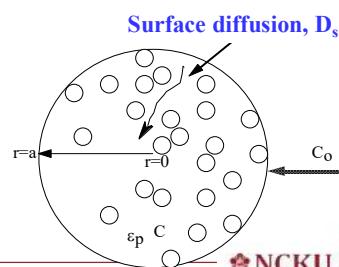
$$\frac{\partial Q(r,t)}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 D_s \frac{\partial Q(r,t)}{\partial r} \right)$$

I.C. $Q(r, t = 0) = 0$

B.C.

$$\frac{\partial Q(r=0,t)}{\partial r} = 0$$

$$Q(r=R,t) = K_F C(r=R,t)^{1/n}$$

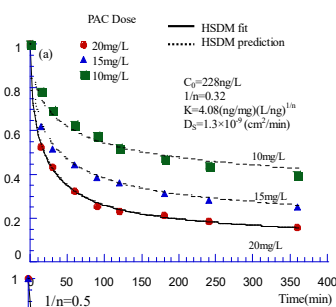


Input parameters: $D_s, K, 1/n$

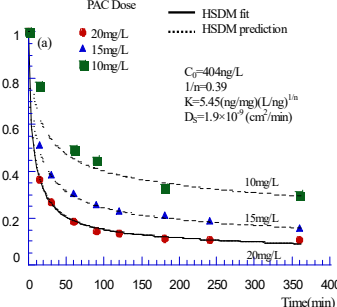


PAC Models- Fitting and Prediction

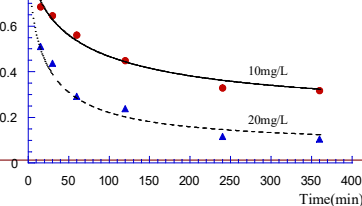
WPH in FS Water



TAC in FS Water



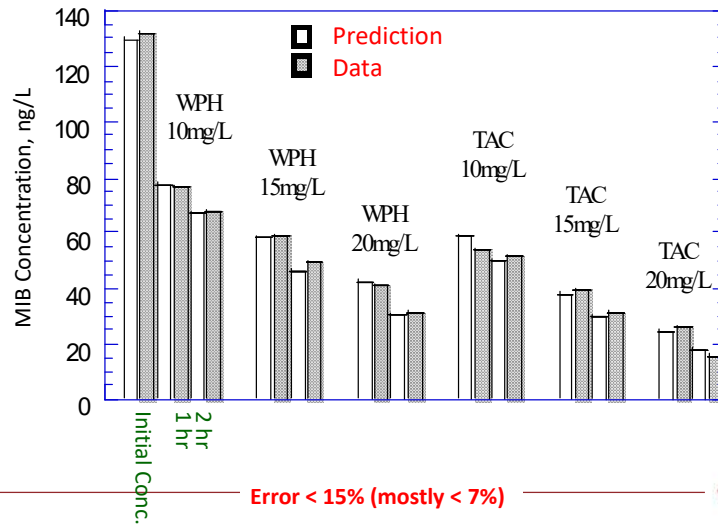
WPH in CCL Water



Input parameters: $D_s, K, 1/n$
Need 1 kinetic exp. +
3 Equil. Exp.

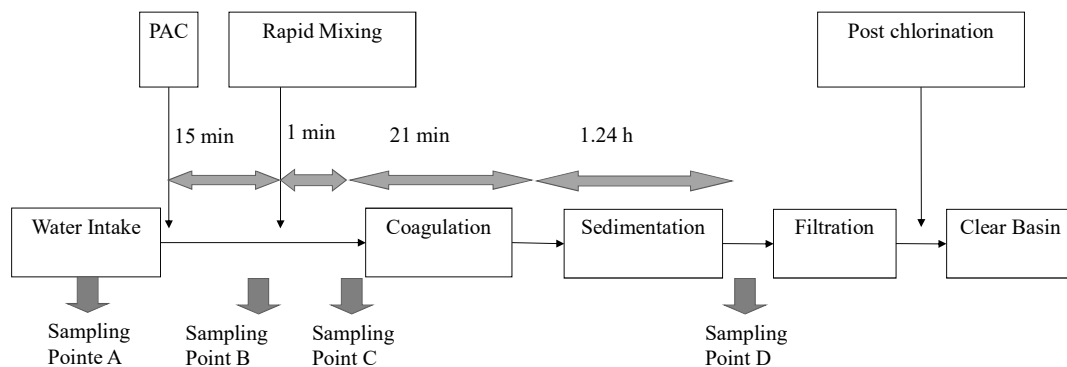


Model Prediction for Jar Tests



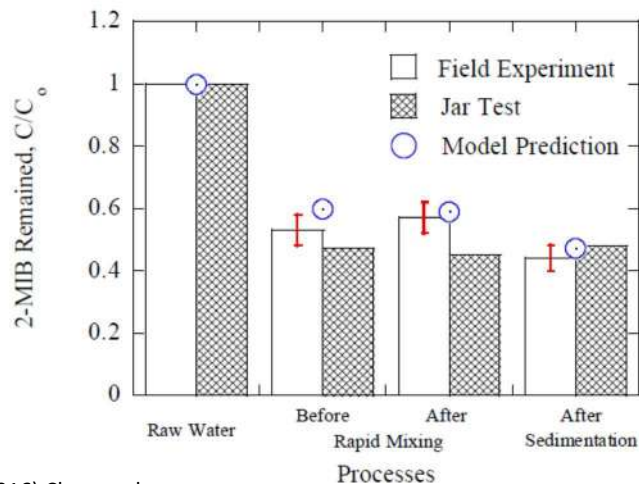
27

Treatment Train in FS Water Treatment Plant



28

Field Results



Yu et al. (2016) Chemosphere



29

Take Home Messages

- ◆ **Know your Source Water and Treatment Processes**
 - ◆ What are the responsible sources (T&O and Toxin Producers)?
 - ◆ Are the current processes working?
 - ◆ Usually long-term data are needed.
 - ◆ Develop appropriate techniques to identify/quantify/model the cyanobacteria, chemicals, and processes
- ◆ **Conduct Pilot Studies for New Processes**
 - ◆ Obtain the design parameters for full scale plants
 - ◆ Know the potential issues/locations



30

The 9th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition 2023



- ◆ October 22-26, 2023
- ◆ Kaohsiung, the largest harbor city of Taiwan
- ◆ <https://www.iwaaspire2023.org>



31

Thank you!
Questions?



合心同炬
歷久如一

藏行顯光·成就共好



32



The role of aeration and pre-chlorination prior to coagulation-flocculation process in water treatment: A laboratory and field research in Indonesia

Bagastyo AY., Nurhayati E., Manah SPH., Iswari AAWR., Yulikasari A., **Warmadewanthi IDAA., Lin TF.**

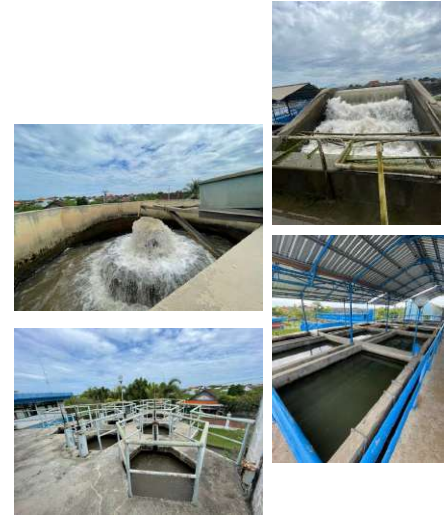


Outline

- Introduction
- Method
- Result
- Conclusion

Introduction

- 24 out of 128 rivers in Indonesia → high to severely under stress during the dry season
- Conventional WTP → typically used in Indonesia Municipal Waterworks
- Pre-chlorination → reduce organics, suspended solids, viruses, bacteria, and alga in water
- WTP of Denpasar (aerator + pre-chlorination) & Badung (standalone aeration) Municipal in Indonesia → field study
- **Aims:** to understand the role of aeration and pre-chlorination in the water treatment system prior to the coagulation-flocculation processes.



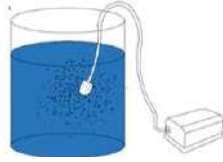
Laboratory Method

- Raw water → Surabaya River, at Karang Pilang WTP intake.

Characteristic of raw water Karang Pilang WTP

Parameters	Unit	Raw Water
DO	mg/L	4.30 ± 0.071
BOD	mg/L	4.07 ± 0.490
COD	mg/L	36.32 ± 3.263
Nitrate	mg/L	0.005 ± 0.002
Nitrite	mg/L	0.105 ± 0.036
Ammonium	mg/L	0.009 ± 0.005
Turbidity	NTU	138.25 ± 8.949
TSS	mg/L	226.25 ± 62.065

Batch Test of Aeration



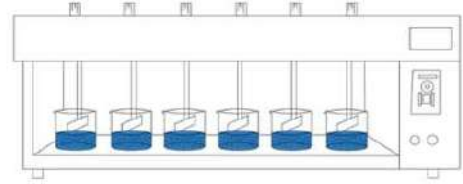
1. Aeration Process

Sample aerated for 25 min, 50 min, and 70 min.



2. Prechlorination Process

35 mg/L of chlorine hypochlorite was added to the sample and aerated for 25 min, 50 min, and 70 min (flow rate of 0.72 L/sec).



3. Simulation of Coagulation-Flocculation

Jar test apparatus.

5-30 mg/L of polyaluminum chloride (PAC) → injected into 1 L of water

No pH adjustment before or during the experiments.

Supernatants → withdrawn & filtered, and teste for BOD, COD, TSS, turbidity, and nitrogen concentration.

Documentation

LABORATORY RESEARCH



(Aeration process)



(Jar Test)



(BOD Analysis)



(Nitrate and Nitrite Analysis)



(Ammonium Analysis)



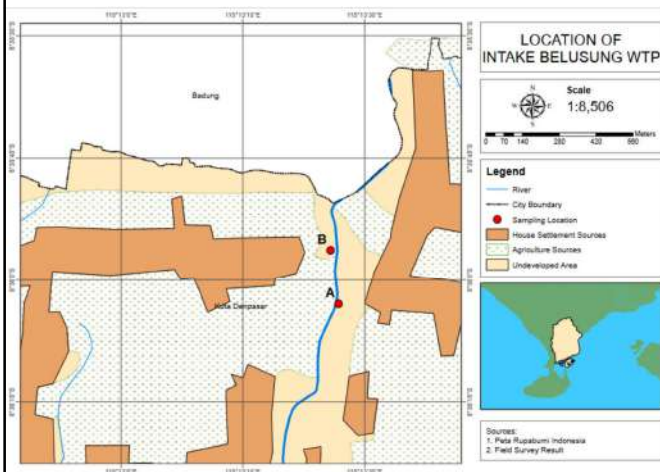
(TSS analysis)



(COD analysis)

Field Methods

Location of Intake of Belusung WTPs



(a)



Notes:

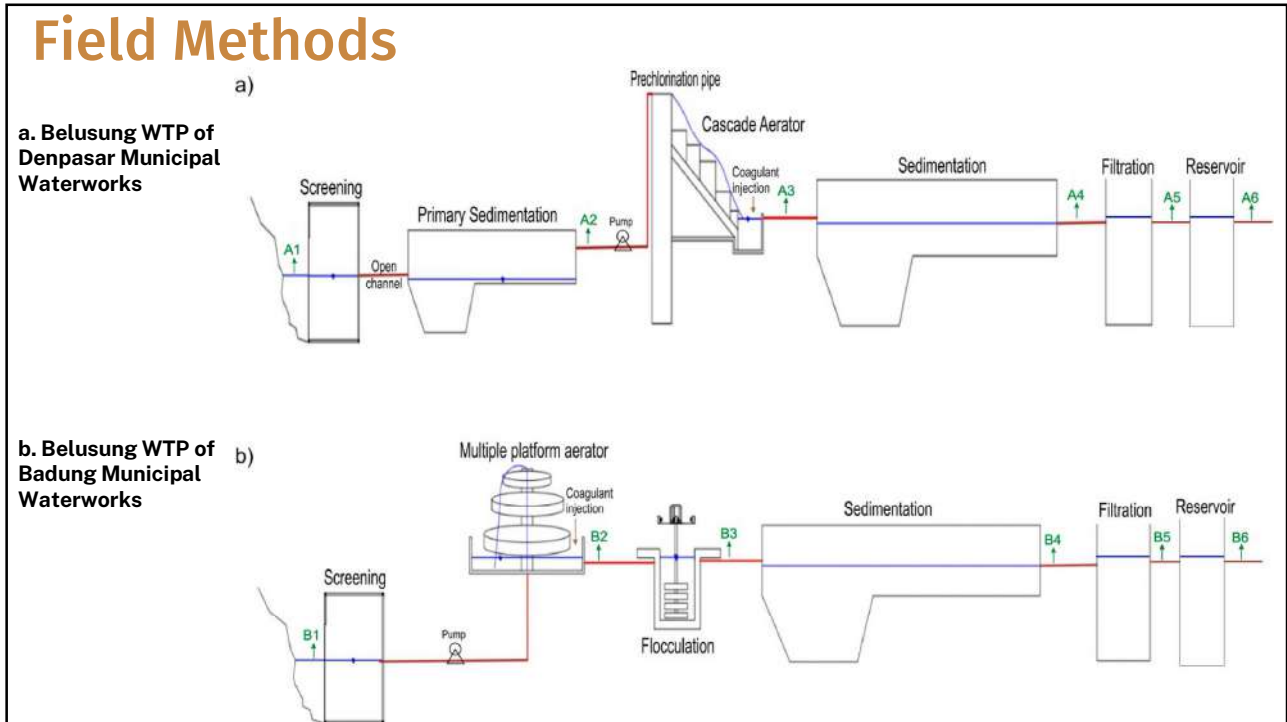
- A. Intake Belusung WTP of Denpasar Municipal Waterworks (8°36'03.0"S and 115°13'26.8"E)
- B. Intake Belusung WTP of Badung Municipal Waterworks (8°35'56.3"S and 115°13'25.8"E)

(b)

Field Methods

Characteristic of raw water at the intake of Belusung WTPS

Parameters	Unit	Raw Water WTP of Denpasar Municipal Waterworks	Raw Water WTP of Badung Municipal Waterworks
DO	mg/L	6.75 ± 0.87	8.20 ± 0.53
BOD	mg/L	2.7 ± 0.48	2.17 ± 0.99
COD	mg/L	6.25 ± 1.26	5.50 ± 1.91
Nitrate	mg/L	5.10 ± 2.28	1.05 ± 1.12
Nitrite	mg/L	1.05 ± 1.00	1.12 ± 1.53
Ammonium	mg/L	0.10 ± 0.03	0.10 ± 0.07
Turbidity	NTU	88.73 ± 90.71	59.30 ± 59.61
TSS	mg/L	146.25 ± 157.30	99.00 ± 98.69



Documentation

Belusung WTP of Badung Municipal Waterworks



(Intake)



(Coagulant Mixing)



(Platform Aerator)



(Coagulation flocculation unit)



(Sedimentation unit)



(Filtration unit)

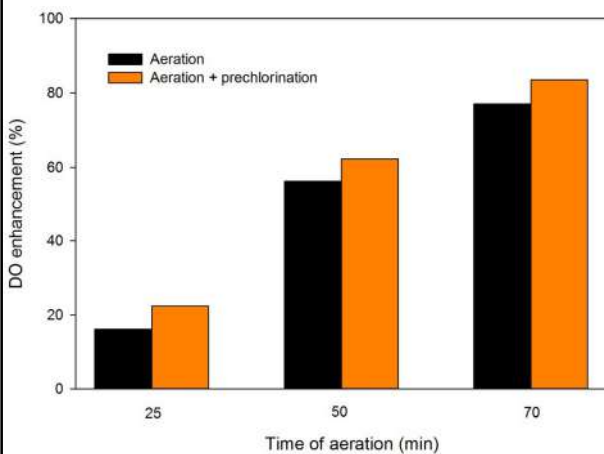


(Chlorine Tank)



(Reservoir unit)

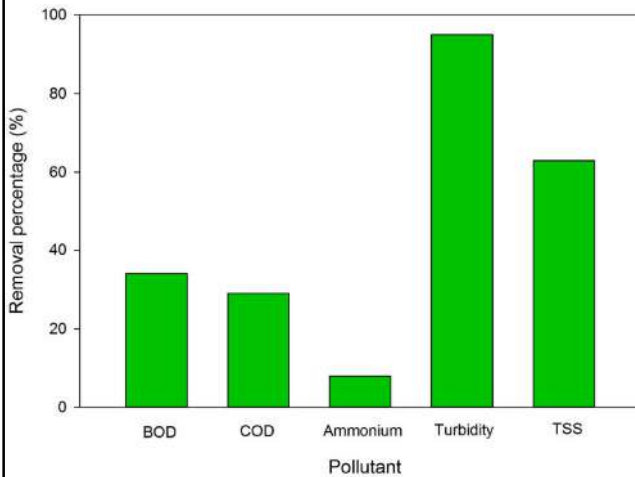
Result (1): Laboratory Research



- Highest increase of DO after 70 min → 77% (with aeration alone) & 83% (with aeration & pre-chlorination)
- Average, DO after 50 & 70 min → 40 & 60% higher compared to 25 min of aeration time.
- DO after aeration & pre-chlorination → 8-38% higher compared to the aeration alone

Result (1): Laboratory Research

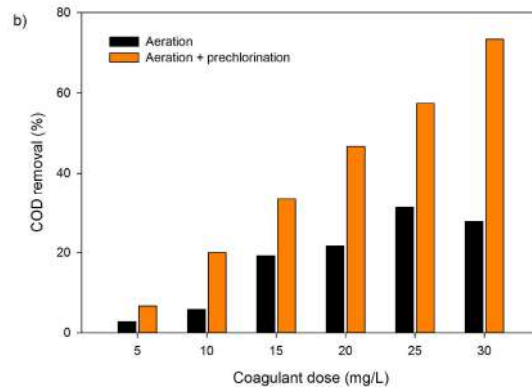
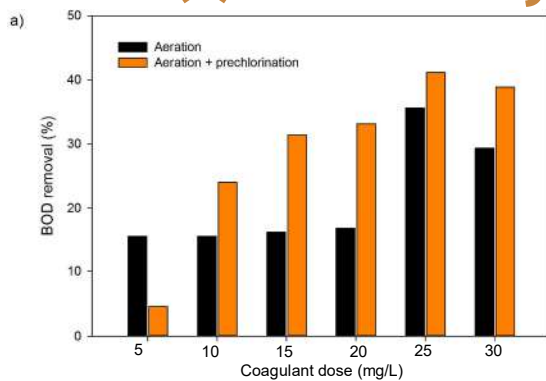
Pollutant removal in non-aerated & non-prechlorinated water



- At least 70 mg/L of PAC → needed to obtain the optimum removal
- BOD: 34%
- COD: 29%
- Ammonium: 8%
- TSS: 63%

13

Result (1): Laboratory Research

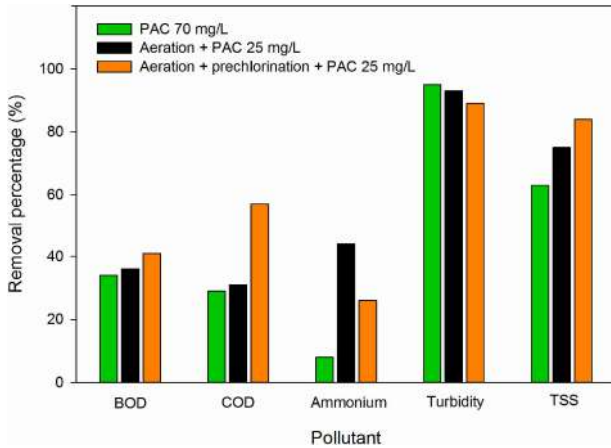


BOD & COD removal after the coagulation process

- Standalone aerated → 25 mg/L PAC could increase → BOD 35% & COD 31%.
- Aerated + pre-chlorinated → BOD 41% & COD 57%
- Smaller coagulant dosage could obtain a much higher color & turbidity removal than in non-aerated water.

14

Result (1): Laboratory Research



- After aeration+ prechlorination:

BOD removal → slightly improve from 2% to 7%

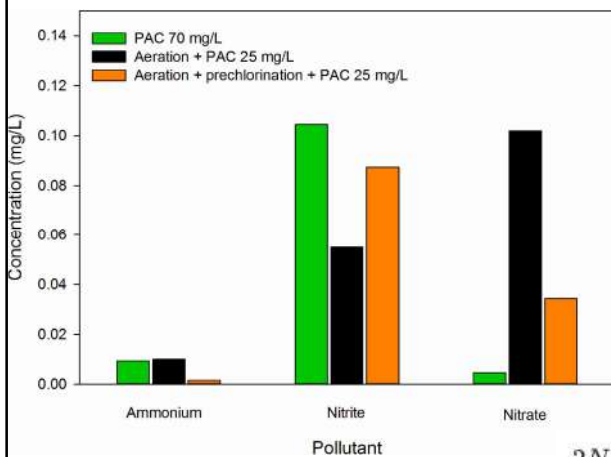
COD removal → >55%

TSS removal → from 75% to 84%

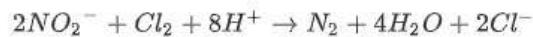
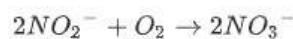
Turbidity removal → slight reduction (2-4%)

15

Result (1): Laboratory Research



- Highest ammonium removal (44%) → aeration process
- After pre-chlorination → down by 18%
- Aeration promotes the nitrification process → ammonium into nitrate & nitrite



16

ANOVA test

Table 3. Two-way ANOVA after the aeration process.

Parameter	p-value				
	BOD	COD	Ammonium	Turbidity	TSS
Aeration time	0.03101	6.05×10^{-8}	0.00244	1.26×10^{-6}	0.00078
Coagulant dosage	1.68×10^{-12}	1.62×10^{-7}	1.63×10^{-6}	0.02237	8.23×10^{-8}

H₀ rejected ($p < 0.05$).

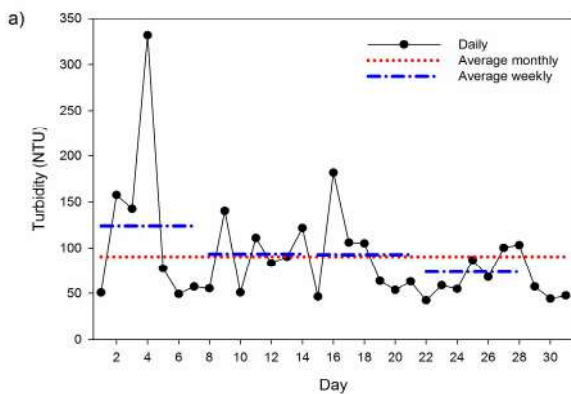
Table 4. Two-way ANOVA after aeration+pre-chlorination processes.

Parameter	p-value				
	BOD	COD	Ammonium	Turbidity	TSS
Aeration time	0.00077	0.00399	0.04733	0.00389	0.00547
Coagulant dosage	3.14×10^{-7}	1.14×10^{-5}	1.33×10^{-11}	8.71×10^{-5}	0.00018

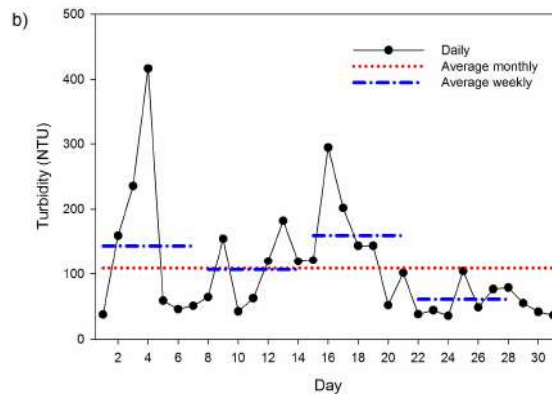
H₀ rejected ($p < 0.05$).

- H₀= the addition of aeration time & coagulant dosage has no significant effect on removing pollutants
- H₁= the addition of aeration time & coagulant dosage significantly affects the removal of pollutants

Result (2): Field Research



WTP of Denpasar Municipal Waterworks



WTP of Badung Municipal Waterworks

Result (2): Field Research

WTP of Denpasar Municipal Waterworks

	Intake (A1)	Removal percentage (%)				Reservoir (A6)
		Pre-sedimentation (A2)	Aeration + Pre-chlorination + Coagulation (A3)	Sedimentation (A4)	Filtration (A5)	
BOD	0.0	4.2	28.1	67.1	76.2	85.0
COD	0.0	4.0	24.0	60.0	68.0	84.0
Ammonium	0.0	7.7	59.0	56.4	35.9	71.8
Turbidity	0.0	0.0	44.0	93.4	95.7	99.2
TSS	0.0	16.2	49.4	94.7	95.0	99.0

19

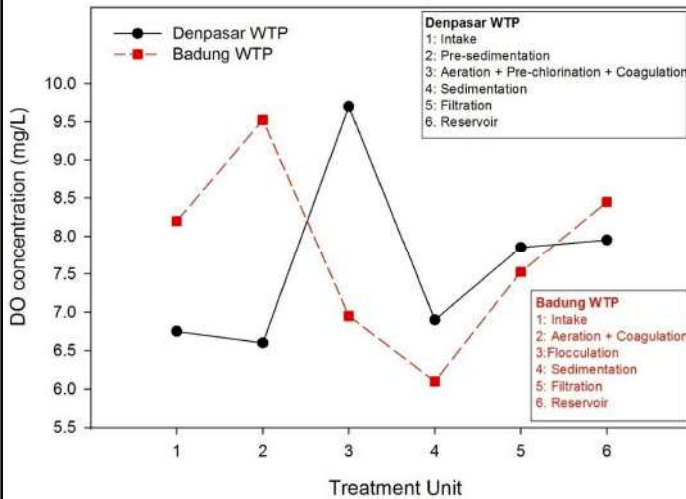
Result (2): Field Research

WTP of Badung Municipal Waterworks

	Intake (B1)	Removal percentage (%)				Reservoir (B6)
		Aeration + Coagulation (B2)	Flocculation (B3)	Sedimentation (B4)	Filtration (B5)	
BOD	0.0	8.6	18.0	71.8	83.0	83.5
COD	0.0	0.0	18.2	68.2	81.8	81.8
Ammonium	0.0	15.0	27.5	20.0	30.0	47.5
Turbidity	0.0	0.0	0.0	95.5	98.3	98.6
TSS	0.0	0.0	3.8	94.9	98.0	98.2

20

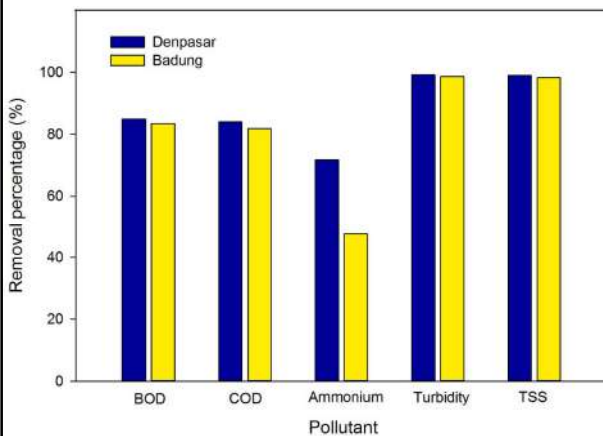
Result (2): Field Research



- Aeration → enhanced the DO by 46% (Denpasar WTP) & 16% (Badung WTP)
- DO enhancements in the Denpasar WTP → due to the pre-chlorination process

21

Result (2): Field Research



- Removal percentage of pollutants in the final effluent
- Similar removal on Denpasar & Badung WTP → BOD, COD, turbidity, TSS
- Higher ammonium removal (> 24%) → Denpasar WTP

Pre-chlorination added to its breakpoint level has been proven effective in converting enough ammonium into nitrogen gas.

22

Chemical Requirements



Belusung WTP of Denpasar Municipal Waterworks

Flow rate = **500 L/s**

Chemical needs each month :

- chlorine gas = 0.0019 kg/m³
- PAC coagulant and AID coagulant = 0.044 kg/m³ and 0.0025 kg/m³



Belusung WTP of Badung Municipal Waterworks

Flow rate = **120 L/s**

Chemical needs each month:

- chlorine gas = 0.0063 kg/m³
- PAC coagulant = 0.116 kg/m³.

Although Badung WTP has better raw water quality, these result showed that Badung required 62-69% more chemicals than Denpasar WTP

23

Conclusion

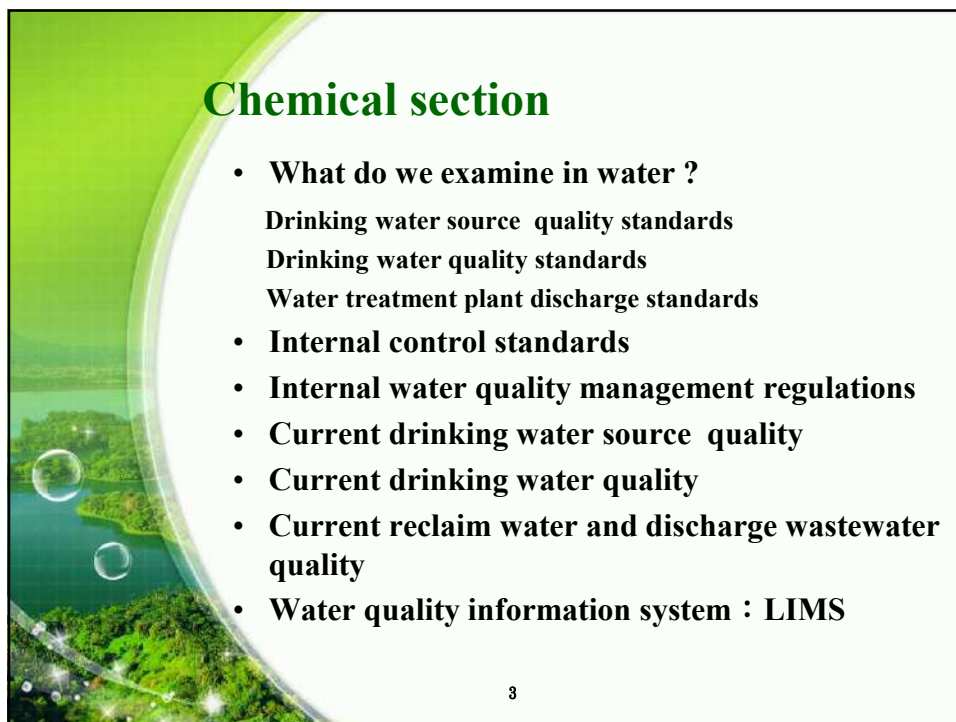
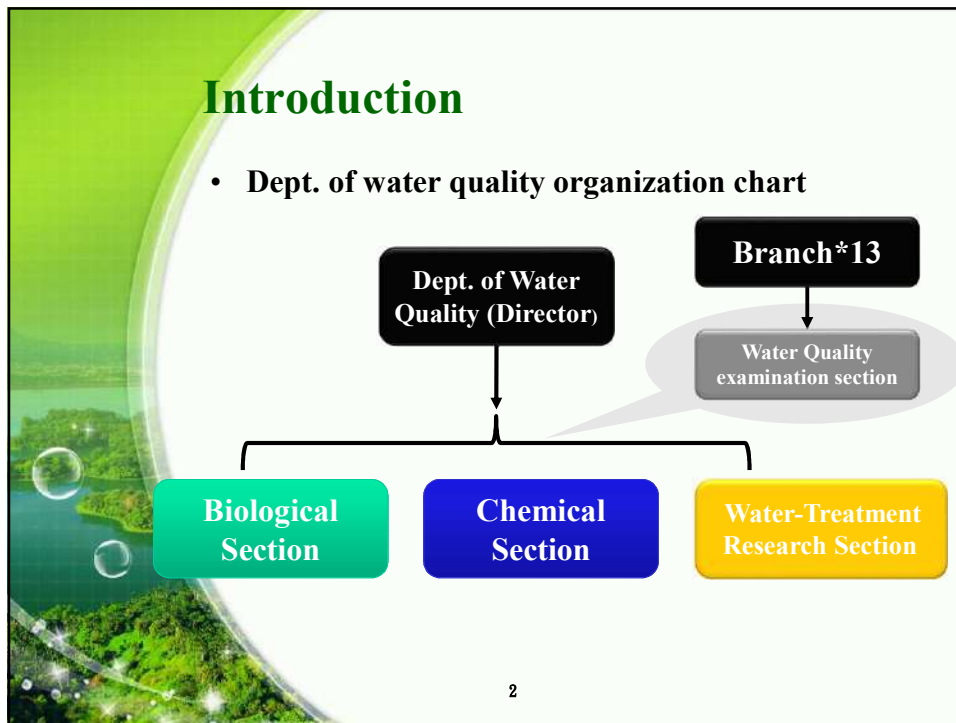
- The laboratory research demonstrated that aeration and pre-chlorination systems support organics oxidation and improve pollutant removal efficiency in coagulation-flocculation processes.
- The DO increase after the aeration and pre-chlorination process enhances the optimum removal of pollutants and reduces the coagulant demand.
- Field research confirmed these finding with chemical reduction between 62 and 69%.

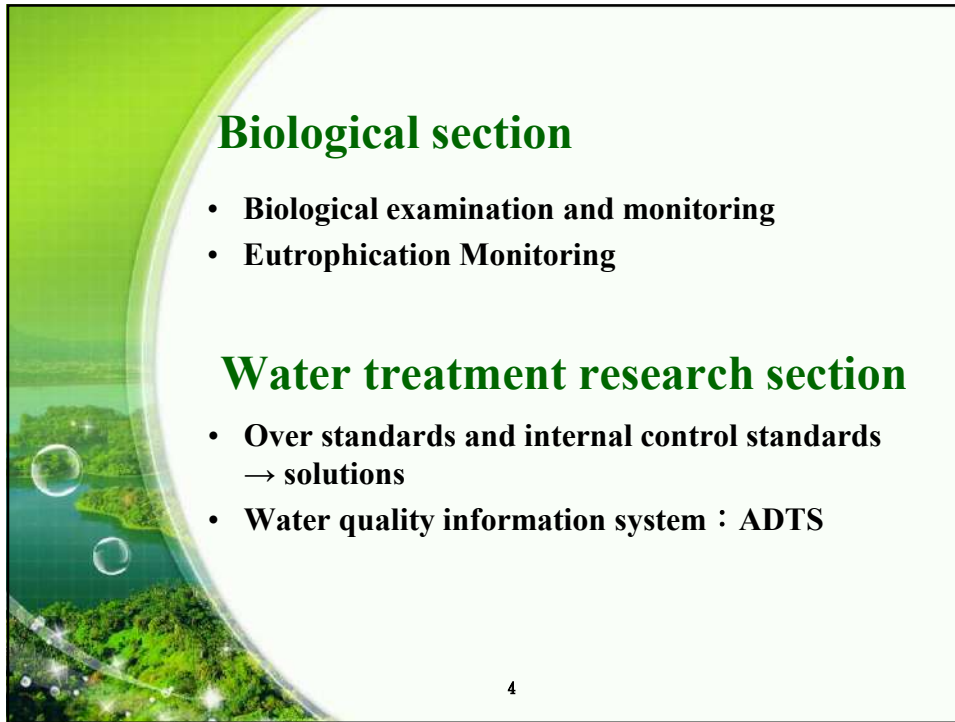
24

THANK YOU 😊

25







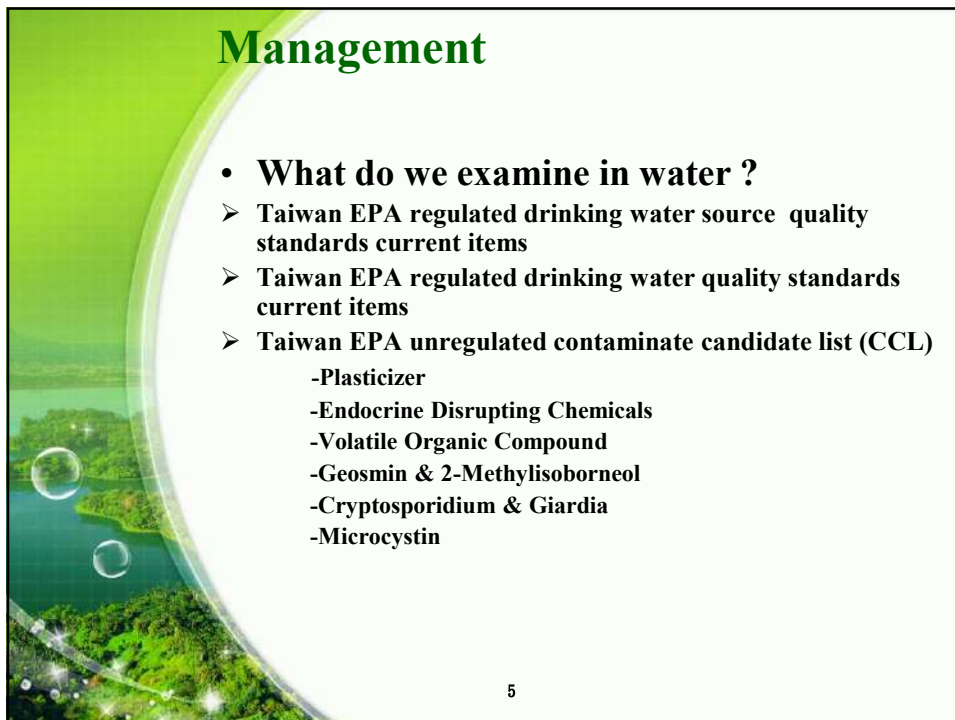
Biological section

- **Biological examination and monitoring**
- **Eutrophication Monitoring**

Water treatment research section

- **Over standards and internal control standards
→ solutions**
- **Water quality information system : ADTS**

4



Management

- **What do we examine in water ?**
 - **Taiwan EPA regulated drinking water source quality standards current items**
 - **Taiwan EPA regulated drinking water quality standards current items**
 - **Taiwan EPA unregulated contaminate candidate list (CCL)**
 - Plasticizer
 - Endocrine Disrupting Chemicals
 - Volatile Organic Compound
 - Geosmin & 2-Methylisoborneol
 - Cryptosporidium & Giardia
 - Microcystin

5

Management

▼ Drinking water source quality standards

Items	The maximum limit	Unit
Coliform Group	20,000 : Disinfection facilities 50 : Non-disinfection facilities	MPN/100 mL or CFU/100 mL
NH ₃ -N	1	mg/L
COD	25	mg/L
TOC	4	mg/L
As	0.05	mg/L
Pb	0.05	mg/L
Cd	0.01	mg/L
Cr	0.05	mg/L
Hg	0.002	mg/L
Se	0.05	mg/L

6

Management

▼ Drinking water quality standards (Total items : 68)

Bacterial standards	Chemical standards		
Coliform Group	(1) Affect healthy substances Arsenic Lead Selenium Total Chromium Cadmium Barium Antimony Nickel Mercury Cyanide(CN ⁻) Nitrite-Nitrogen(NO ₂ -N) Disinfection By-Products : 1. Total Trihalomethanes 2. Haloacetic acids 3. Bromate 4. Chlorite VOCs(15) Pesticides(13) Persistent Organic Pollutants (Dioxin)	(2) Probably affect healthy substances Fluoride(F ⁻) Nitrate-Nitrogen Silver Molybdenum Indium	(3) Affect taste and organoleptic substances Iron Manganese Copper Zinc Sulfate(SO ₄ ²⁻) Phenols MBAS Chloride (Cl ⁻) Ammonia-Nitrogen(NH ₃ -N) Total Hardness as CaCO ₃ Total Dissolved Solids Aluminum (Total Al)
Total Bacterial Count			
	(4) Free residual Chlorine	(5) pH	
Odor			
Turbidity			
Color			

7

Management

▼ Water treatment plant discharge standards

Items	The maximum limit	Unit
SS	50	mg/L
COD	100	mg/L
Cl	0.5	mg/L
pH	6.0~9.0	-

① SS : Suspended Solids
 ② COD : Chemical Oxygen Demand
 ③ Total Residual Chlorine

8

Management

- **Internal control standards**
 - **Source drinking water internal control standards**
 - All items are 80% of regulation standards
 - **Drinking water internal control standards**
 - Mostly
 - * 80% of regulation standards
 - Except
 - * total coliform (<1MPN/100ml or CFU/100ml)
 - * filter water and clean water (0.5NTU)
 - * pH value (<6.1 or >8.4)
 - * Free Residual Chlorine (<0.3 or >0.9)
 - **Reclaim water and discharge wastewater internal control standards**
 - Mostly
 - * 80% of Taiwan EPA regulated discharge standards
 - Except
 - * pH value (<6.5 or >8.5)

9

Management

Internal water quality management regulations

- ① **Source drinking water**
The examination criterion of drinking water source quality or water treatment improvement plan for TWC
- ② **Drinking water**
The criterion of water quality examination for TWC
- ③ **Lake water**
The control criterion of lake algae bloom for TWC
- ④ **Reclaim water and discharge wastewater**
The criterion of installation of water pollution prevention facilities and application of reclaim or discharge permission for TWC

10

Management

▼ Current drinking water source quality

Items	Unit	Regulation Standards	Internal Control Standards	No. (A)	Above Internal Control Standards* (B)	% ($\frac{B}{A} \times 100$)
NH ₃ -N	mg/L	1.0	0.8	1791	2	0.11
TOC	mg/L	4.0	3.2	1340	14	1.04
COD	mg/L	25	20	1087	17	1.56
Coli.	CFU/100mL	20000	16000	1757	2	0.11

① NH₃-N : Ammonia Nitrogen
 ② TOC : Total Organic Carbon
 ③ COD : Chemical Oxygen Demand
 ④ Coli. : Coliform Group
 ⑤ Other 6 items are all below the Internal Control Standards
 ⑥ *Internal Control Standards : 80% of Regulation Standards
 ⑦ Period : 2022.1.1~2022.12.31

11

Management

▼ Current drinking water quality(1/2)

Items	Unit	Regulation Standards	Internal Control Standards	No. (A)	Above Internal Control Standards* (B)	% $(\frac{B}{A} \times 100)$
Mn	mg/L	0.05	0.04	1232	5	0.41
F	mg/L	0.8	0.64	1227	2	0.16
Al	mg/L	0.2	0.16	1701	3	0.18
Cl	mg/L	250	200	1264	28	2.21
NH ₃ -N	mg/L	0.1	0.08	1268	2	0.16
THMs	mg/L	0.1	0.08	1298	2	0.15
1,2-DCE	mg/L	0.005	0.004	1298	2	0.15

① Manganese(Mn) ; Fluoride(F) ; Aluminum(Al) ; Chloride(Cl) ; Ammonia Nitrogen(NH₃-N) ; Total Trihalomethanes(THMs) ; 1,2-Dichloroethane(1,2-DCE)
 ② Period : 2022.1.1~2022.12.31

12

Management

▼ Current drinking water quality(2/2)

Items	Unit	Regulation Standards	Internal Control Standards	No. (A)	Above Internal Control Standards* (B)	% $(\frac{B}{A} \times 100)$
KBrO ₃	mg/L	0.01	0.008	1046	4	0.38
HAAs	mg/L	0.06	0.048	1023	3	0.29
Turbidity	NTU	2	0.5	27512	28	0.10
TSS	mg/L	500	400	1239	50	4.04
TH (as CaCO ₃)	mg/L	300	240	1324	74	5.59
Cl	mg/L	0.2-1.0	0.3-0.9	17048	30	0.18
pH value	-	6.0-8.5	6.1-8.4	17066	1	0.01

① Haloacetic Acids(HAAs) ; Total Suspended Solids(TSS) ; Total Hardness(TH) ; Free Residue Chlorine(Cl) ; Hydrogen Ion Concentration Index(pH value)
 ② Other 54 items are all below the Internal Control Standards
 ③ Period : 2022.1.1~2022.12.31

13

Management

▼ Current reclaim water and discharge wastewater quality

Items	Unit	Regulation Standards	Internal Control Standards	No. (A)	Above Internal Control Standards* (B)	% $(\frac{B}{A} \times 100)$
COD	mg/L	100	80	565	0	0
SS	mg/L	50	40	675	0	0
Cl	mg/L	0.5	0.4	671	0	0
pH value	-	6.0-9.0	<6.5 or >8.5	673	0	0

① COD : Chemical Oxygen Demand
 ② SS : Suspended Solid
 ③ Cl : Total Residue Chlorine
 ④ pH value : Hydrogen Ion Concentration Index
 ⑤ *Internal Control Standards : 80% of Regulation Standards
 ⑥ Period : 2022.1.1~2022.12.31

14

How to ensure data accuracy?

QA/QC from EPA

- **Sampling-sampling method**
 - How to get and store(environment)? How long? What kind of utensils?
- **Sample detecting/examining**
 - Blank sample(field, trip, equipment/rinse, method), Quality check sample, spiked sample, duplicate sample
- **Checking calculation/verification/consent**
 - Method detection limit(MDL), calibration curve, initial/continuing calibration verification, accuracy & precision, upper/lower warning limit, upper/lower control limit

15

How to ensure data accuracy?

- TAF -- ISO/IEC17025

Testing Field

Testing Field Classification

Metal	
Petroleum and Related Materials	Cc
Textiles and Related Products	Pu
Drugs, Chinese Herbal Preparations and Pharmaceuticals	Cc
Environmental Protection	Blu
Machine and Equipment	Mt

TAF
Testing Laboratory
0000

16

Training

Hold criticism lessons and training courses to let all offices discussing problem encountered by inspector from all braches.

Basic skills of chemical experiments, common items or emerging pollutants, new instrument, etc.

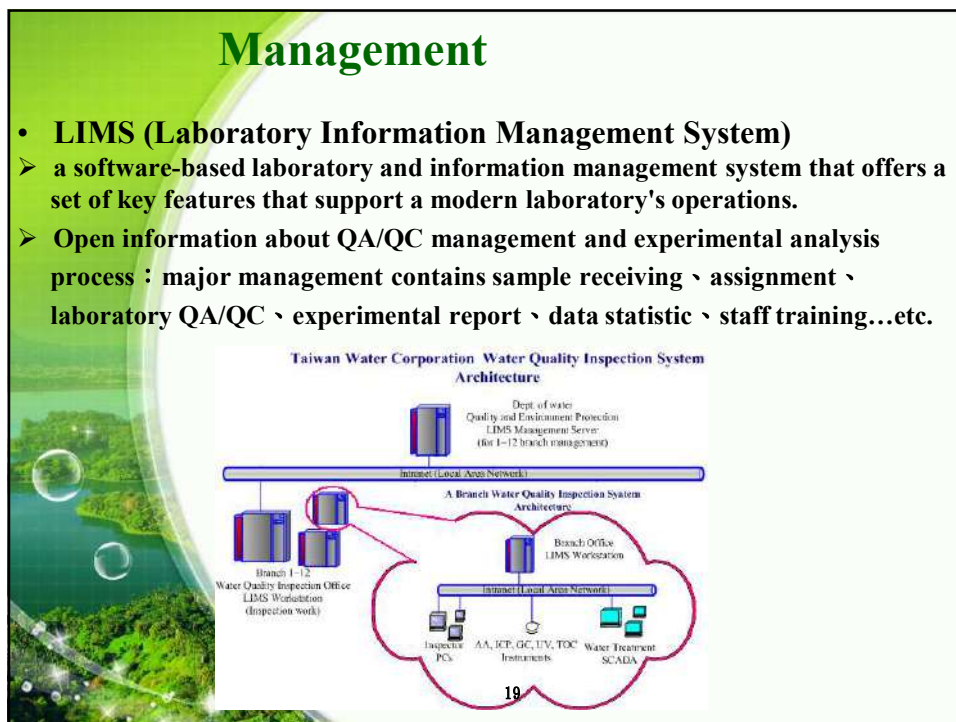


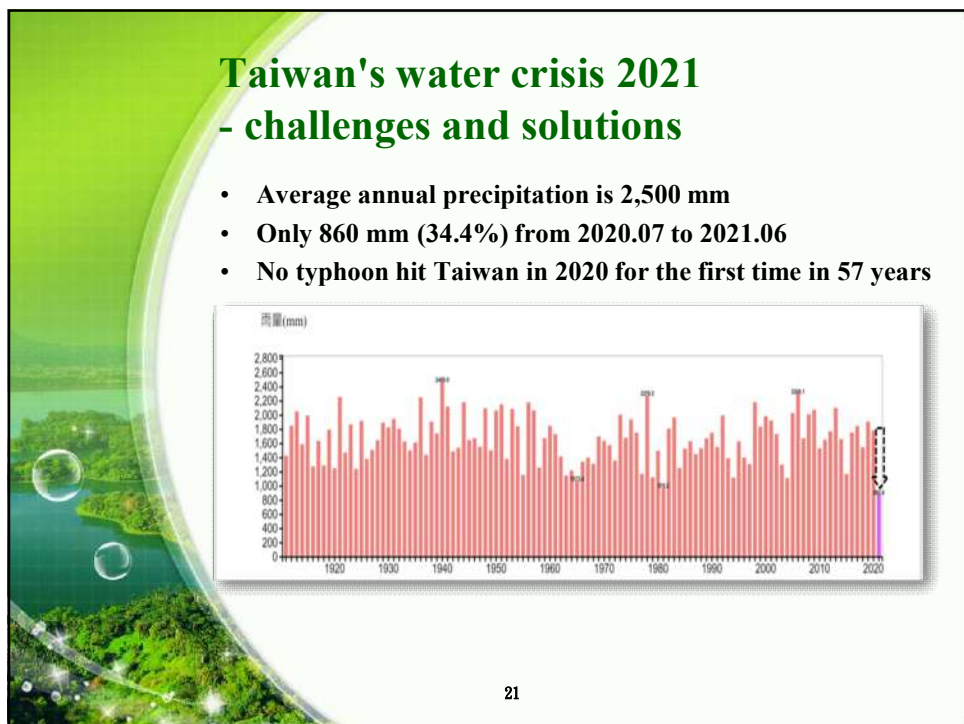
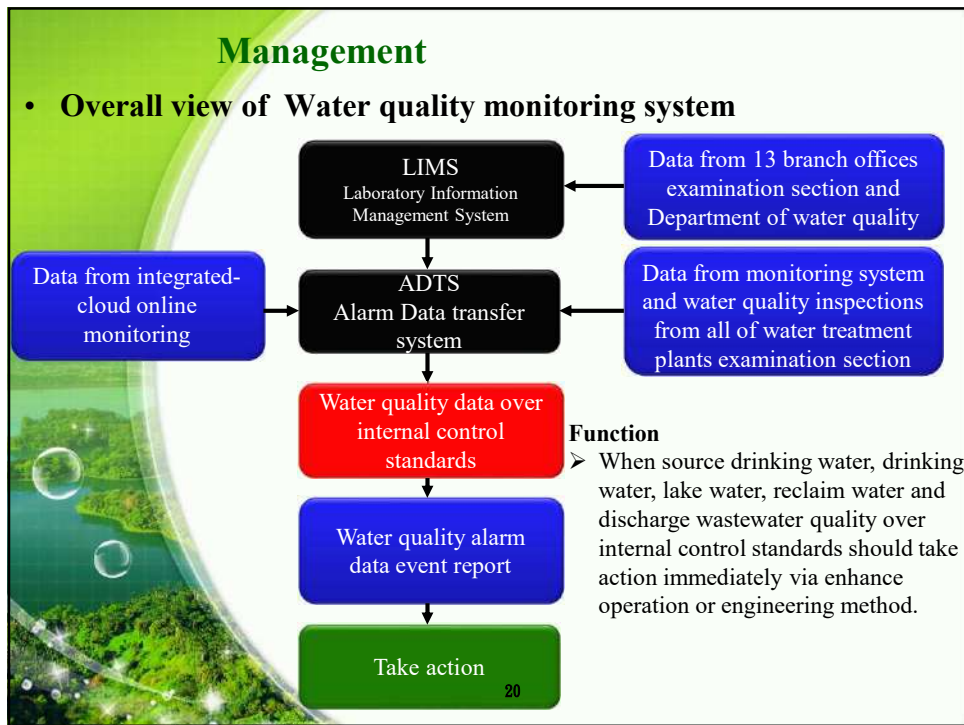

17

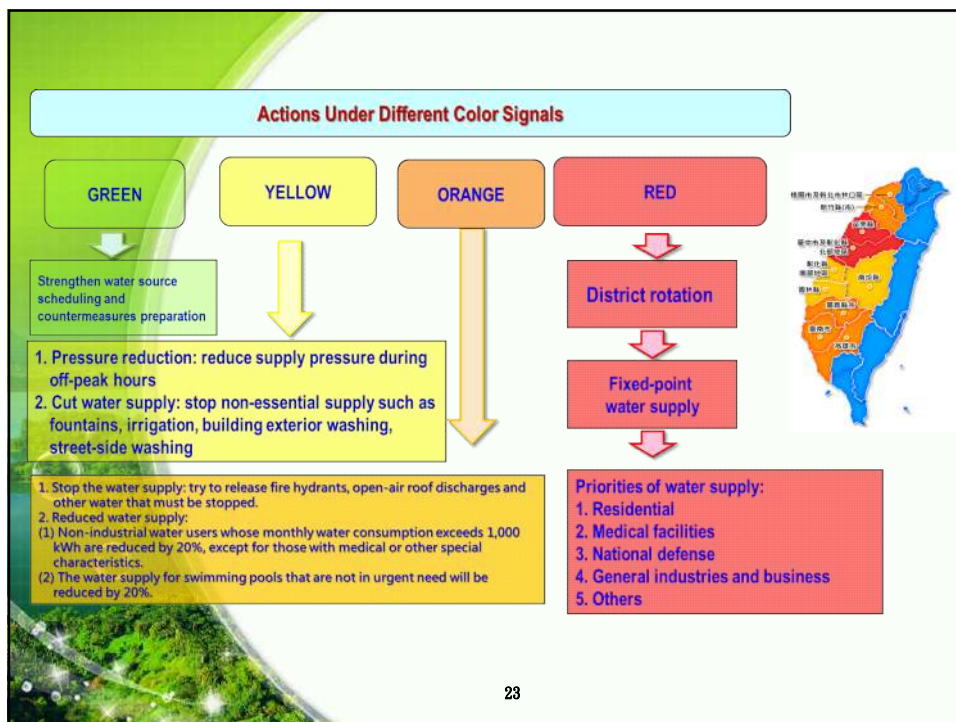
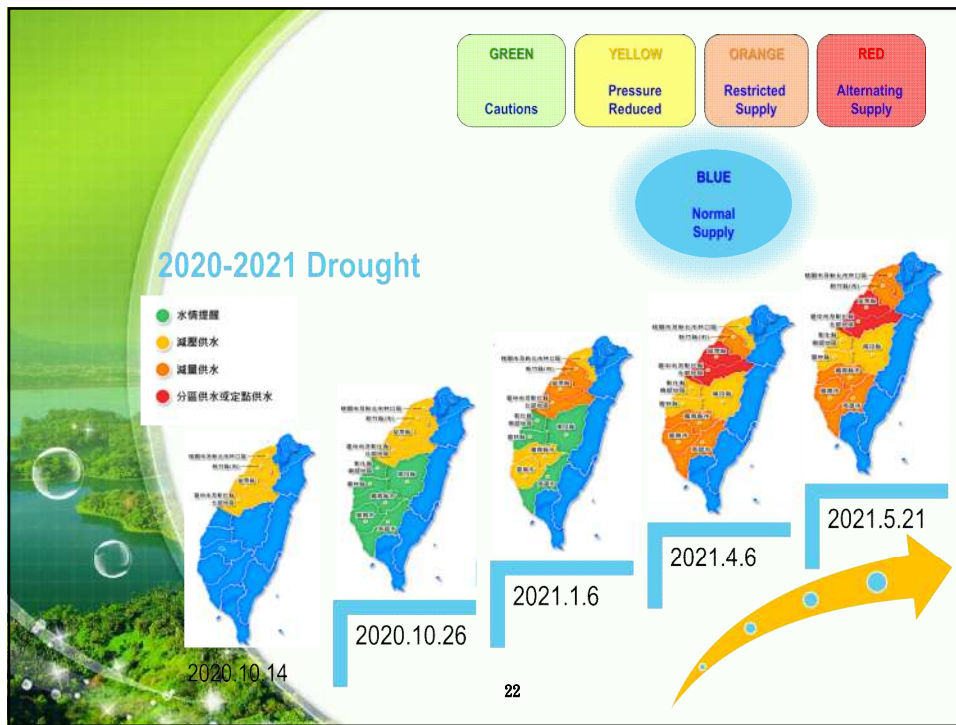
Management

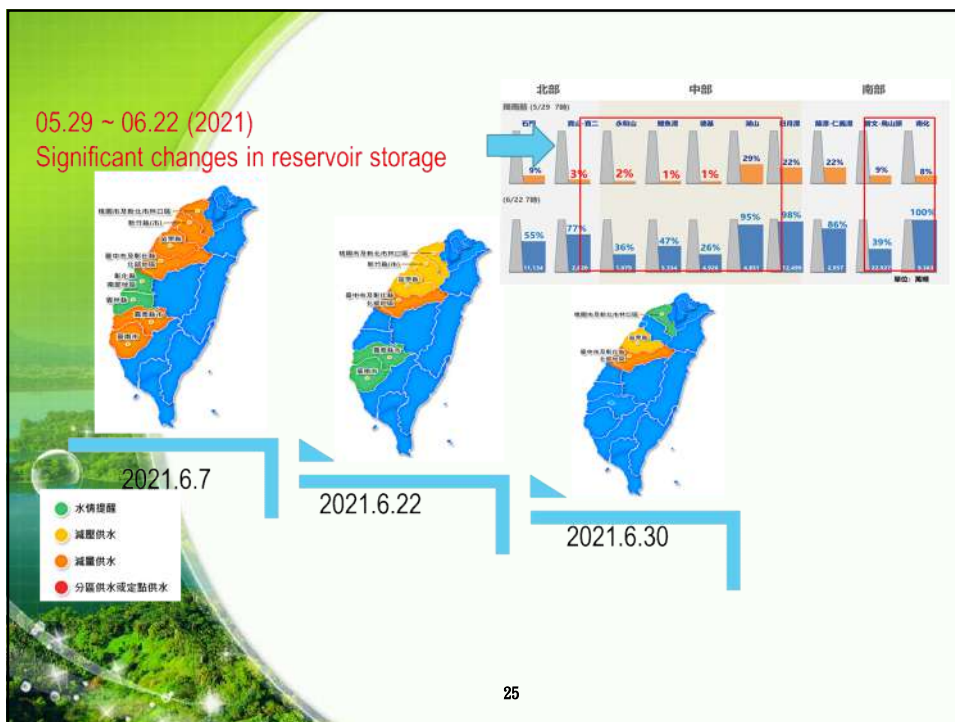
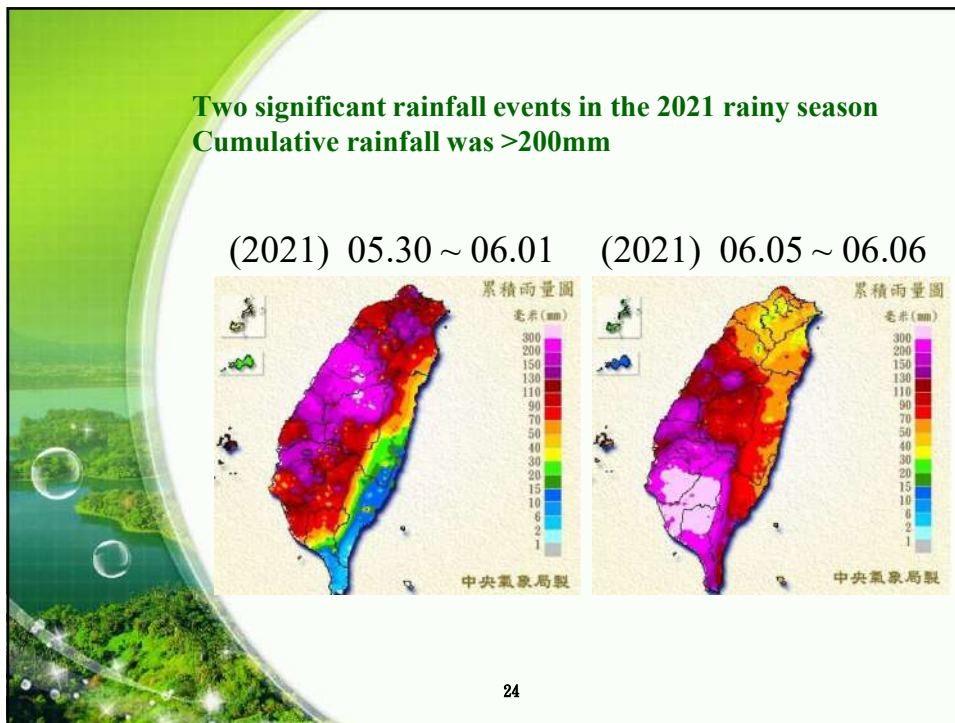
- **Over standards and internal control standards→solutions**

Names	Items (Over internal control standard and regulation standard 1%)	Solutions
Raw water	Coliform Group	➢ Look for alternate source waters
	Chemical oxygen demand , COD	➢ Adjust mixture ratio of existent source waters ➢ Enhance source waters pollution prevention
	Total organic carbon , TOC	➢ Enhance source waters pollution prevention ➢ Enhance coagulation ➢ Adjust reservoir intake level
Clear water	Free Residual Chlorine	➢ Adjust chlorine dosage ➢ Install midway chlorination station
	Nitrate	➢ Look for alternate source waters
	Lead	➢ Replace customer service pipeline
	Aluminum/Dissolvable aluminum	➢ Change coagulant (ex : FeCl ₃ or polymer) ➢ Adjust raw water pH ➢ Enhance coagulation, sedimentation and filtration performance
	Turbidity	➢ Reduce supply water volume (for high raw water turbidity) ➢ Install raw water regulation basin, pre-sedimentation basin, and temporary sludge storage pool (for high raw water turbidity) ➢ Change coagulant (ex : FeCl ₃ or polymer) (for high or low raw water turbidity)
	Total Hardness	➢ Look for alternate source waters
	Total Dissolved Solids	➢ Adjust mixture ratio of existent source waters ➢ Pellet crystal softening
	Bromate	➢ Stop pre-chlorination before slow sand filter ➢ Reduce post-chlorination dosage
Reclaim water and discharge wastewater	Suspended solids , SS	➢ Enhance solid and liquid separation performance ➢ Add polymer
	Total remaining chlorine	➢ Adjust chlorine dosage











2021 Drought response measures and actions

-  **Save more water**
(water saving effect)
-  **Find more water**
(new water source)
-  **Dispatch more water**
(water rationing)

26

Increase the emergency water source by 300,000 CMD

save more water	Riverbank Filtration	Deep Wells	Desalination	Construction Site Groundwater
find more water				
Dispatch more water	40,000 CMD	150,000 CMD	15,000 CMD	95,000 CMD

26

Water Quality Safety Risk Assessment

Water source

- Comprehensive water testing
- Avoid potential sources of contamination
- Complete Water Quality Monitoring

Water treatment

Water supply

- Water supply safety and sanitation
- Strict water quality monitoring
- Taichung Construction Site Groundwater Suitability Expert Meeting-Site survey and discussion

27

Water quality safety monitoring and management of groundwater used in construction sites during the drought period

Temporary water treatment equipment

- Quick filter barrels for turbidity
- Activated carbon treatment of organic matter
- Sodium hypochlorite disinfection to remove biological pollution

Water Quality Safety Workstation



28



Research


Research on the Establishment of Treatment Strategies for Raw Water with High Organic matters

- **Result**
 - The dominant algae species is green algae, and DOC is easier to be removed by oxidative coagulation. The organic matter in the raw water of Cheng-gong plants is mainly contributed by algae secretions, and the dominant algae species is blue-green algae, and DOC is not easily removed by oxidative coagulation.
 - The risk of disinfection by-products in Lu-zhu plant and Cheng-gong plant comes from the chlorination process before the filter unit, which causes the raw water algae to release more IOM, EOM, and excessive APL.
 - With abnormal water quality, it is necessary to use a suitable oxidant and coagulant, and the dosage must be sufficient. For example, PACl or Alum coagulation and NaOCl pre-oxidation can obtain the most significant removal effect of organic matter and algae

30

經濟部


The reason for the research case



The water storage capacity of Liyutan Reservoir decreased during the drought, which made the raw water of the water treatment plant encounter the challenge of abnormal water quality.

Due to climate change and abnormal climate in recent years, the frequency of dry season has increased, and the drought has caused dropping of the water level of the reservoir and abnormal quality of raw water. In order to solve and deal with this situation, relevant research projects were born.

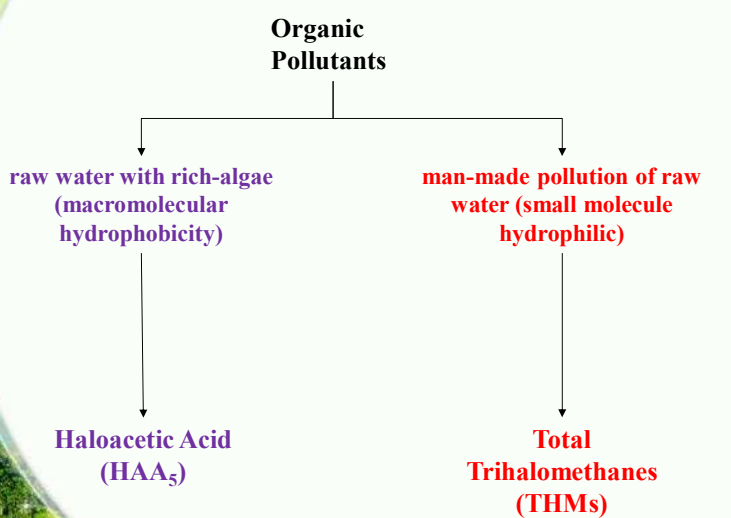
31



台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION


經濟部

Sources of Organic Pollutants in Raw Water



```
graph TD; OP[Organic Pollutants] --> RWA[raw water with rich-algae (macromolecular hydrophobicity)]; OP --> MPP[man-made pollution of raw water (small molecule hydrophilic)]; RWA --> HAA5[Haloacetic Acid (HAA5)]; MPP --> THMs[Total Trihalomethanes (THMs)];
```

32



台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION

經濟部

Introduction of disinfection by-products(DBP)

Disinfection by-products belong to the health-affecting substances of chemical standards in drinking water quality standards

Haloacetic Acid(HAA₅)
 Drinking Water Quality Standards : 60 ppb
 TWC's internal control value : 48 ppb

- monochloroacetic acid
- Dichloroacetic acid
- Trichloroacetic acid
- Bromoacetic acid
- Dibromoacetic acid

Total Trihalomethanes(THMs)
 Drinking Water Quality Standards : 80 ppb
 TWC's internal control value : 64 ppb

X = F, Cl, Br, I

- Bromodichloromethane
- Dibromochloromethane
- Chloroform
- Bromoform

33

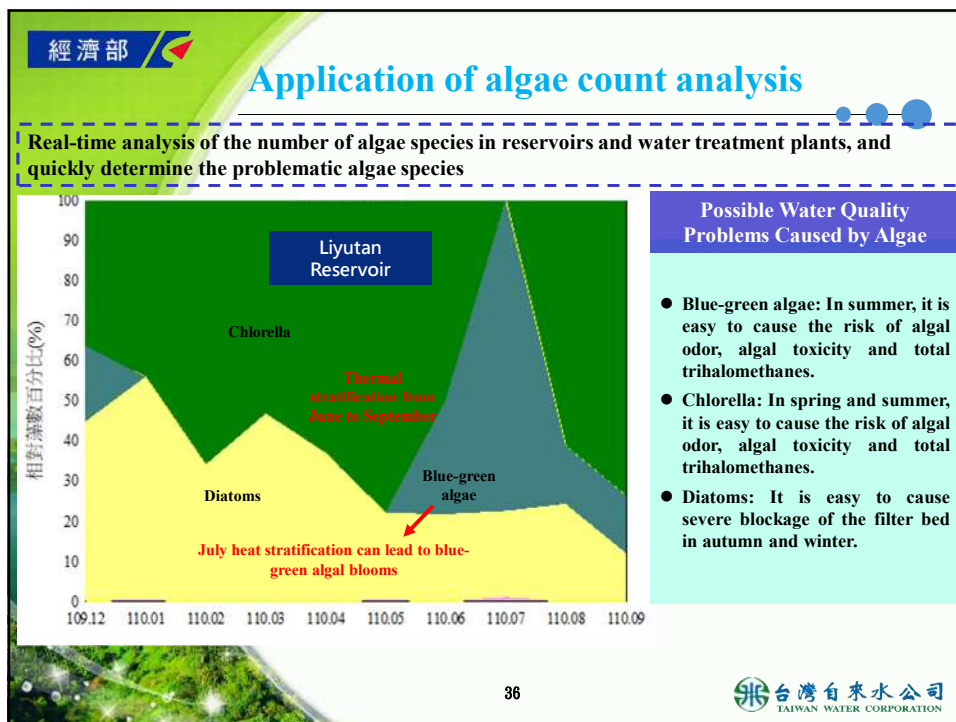
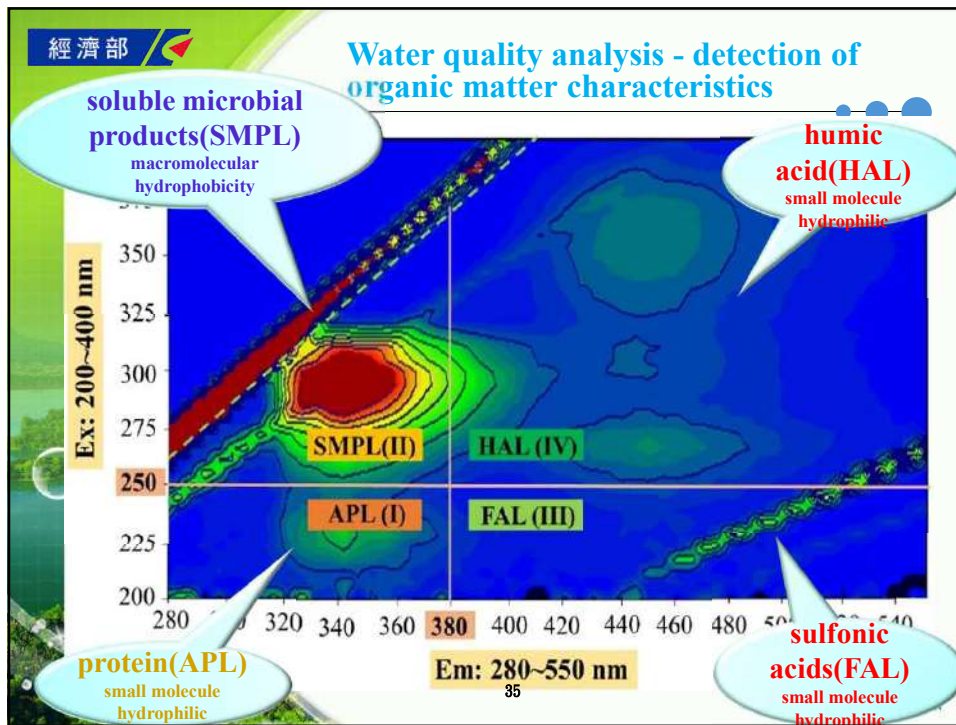
台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION

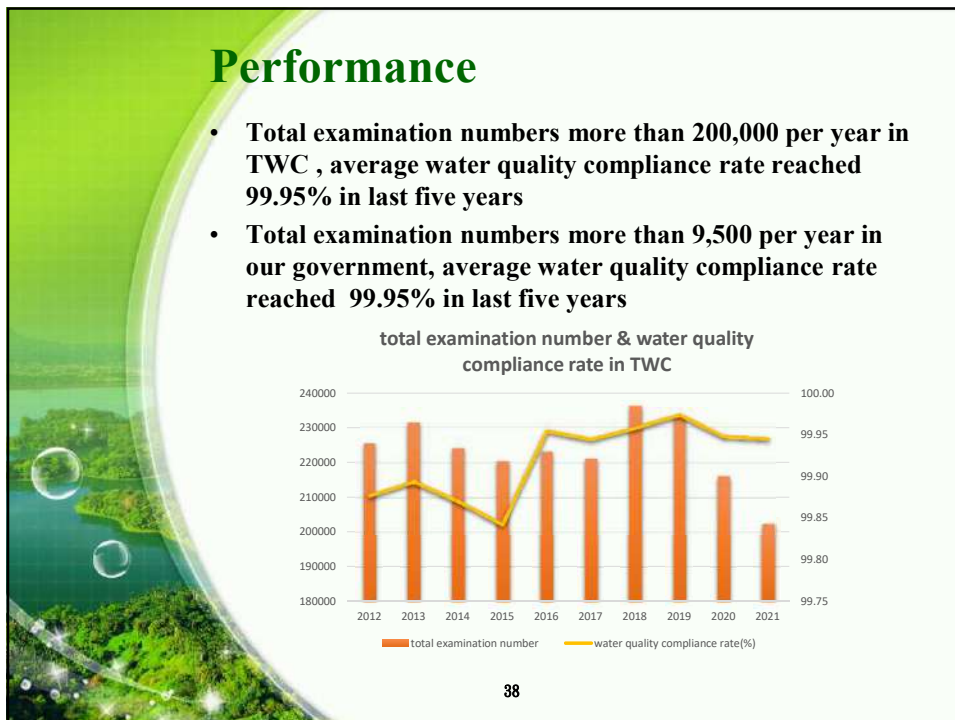
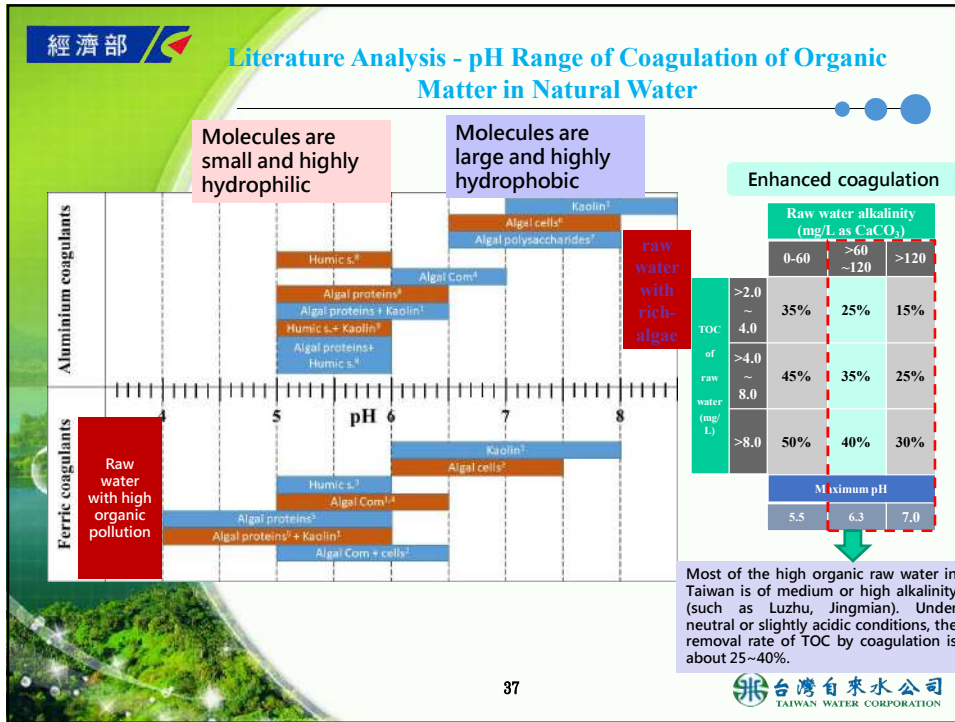
經濟部

Disinfection by-product formation factors

34

台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION





Vision


- Enhance emerging contaminants examination
- Enhance advanced water treatment technical research
- Enhance lake water eutrophication and algae control research
- Enhance international cooperation of water quality management and research
- Pursue higher clean water quality for customer than current



39

Thank you !

*Better Water
Better Life*



 台灣自來水公司
TAIWAN WATER CORPORATION

Slimanead1@mail.water.gov.tw

2023

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

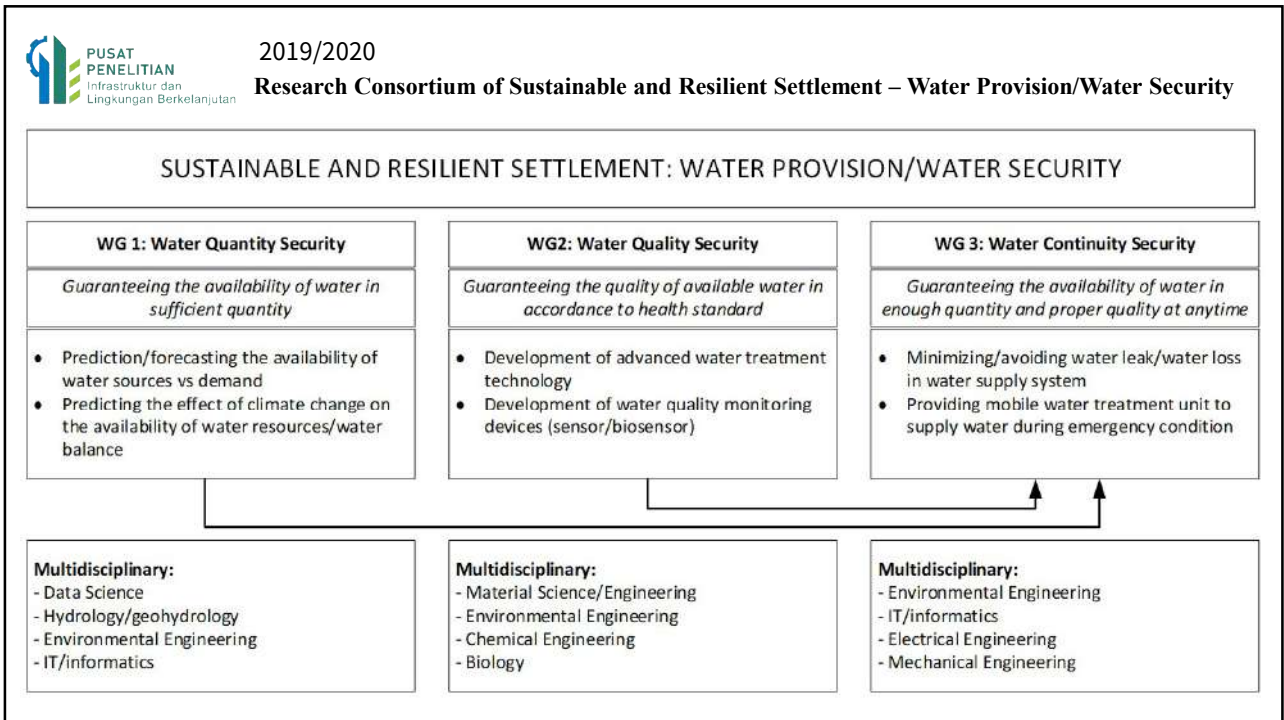
NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY
1931

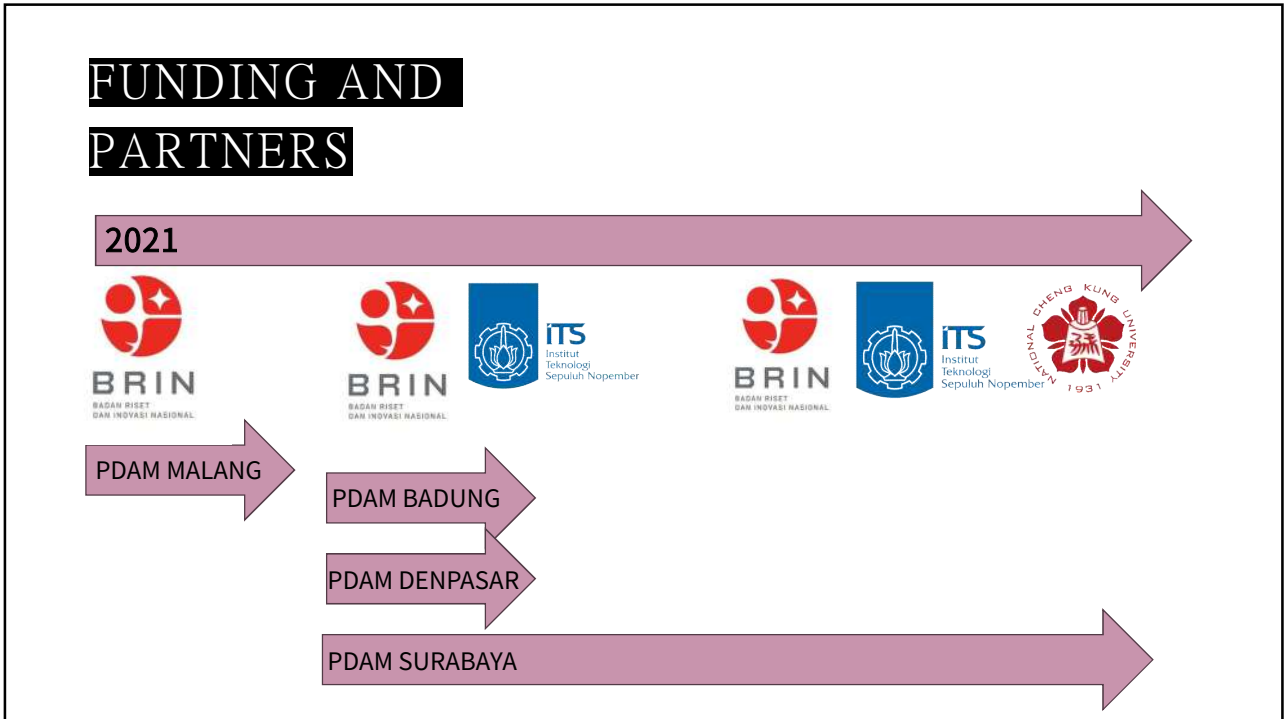
WUN Global Research Group – SDGs in Asia 2023 Research Project Fund


Optimization and Automation in Water Supply System – Current Research

Workshop on Water Quality Improvement for Drinking Water
August 7, 2023

1







ION/WATER SECURITY


WG 3: Water Continuity Security

Guaranteeing the availability of water in enough quantity and proper quality at anytime

- Minimizing/avoiding water leak/water loss in water supply system
- Providing mobile water treatment unit to supply water during emergency condition

Multidisciplinary:


- Environmental Engineering
- IT/informatics
- Electrical Engineering
- Mechanical Engineering



2021 - Research Project (BRIN Fund): Flow sensor placement strategy to detect and locate leak in water distribution system.


Result, publication: (2021) AM Shiddiqi, DA Pramana, E Nurhayati, AB Raharjo, Sensor Placement Strategy to Localize Leaks in Water Distribution Networks with Fluctuating Minimum Night Flow

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9608573>.



2022 - Research Project (ITS Fund): Development of a dashboard for water pipe leak detection using distributed ultrasonic flowmeter.

Result: Prototype, Flowmeter Dashboard.



WATER CONTINUITY/WATER SECURITY

WG 3: Water Continuity Security

Guaranteeing the availability of water in enough quantity and proper quality at anytime

- Minimizing/avoiding water leak/water loss in water supply system
- Providing mobile water treatment unit to supply water during emergency condition


Multidisciplinary:

- Environmental Engineering
- IT/informatics
- Electrical Engineering
- Mechanical Engineering

2021-2022 – Research Project (BRIN Fund): Design of mobile water treatment unit to support water supply continuity within a sustainable resilient settlement concept.

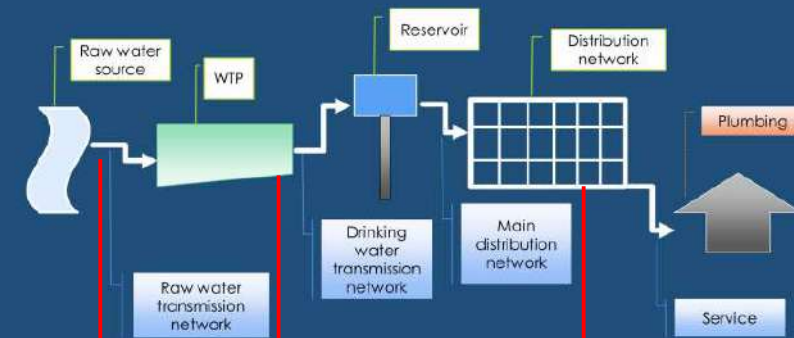
Result:

- (i) Prototype and Submitted HKI (Property Right) for “Portable flood-water treatment by continuous electrocoagulation and sedimentation (Alat Portabel Pengolahan Air Setara Air Banjir Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Tubular dan Sedimentasi Beraliran Kontinu)” ,
- (ii) Prototype of Ozone generator for water treatment.



WSS COMPONENTS

Control and Optimization of water supply system (2021)



Technical

- Raw water
- Production
- Distribution
- Service

Non Technical

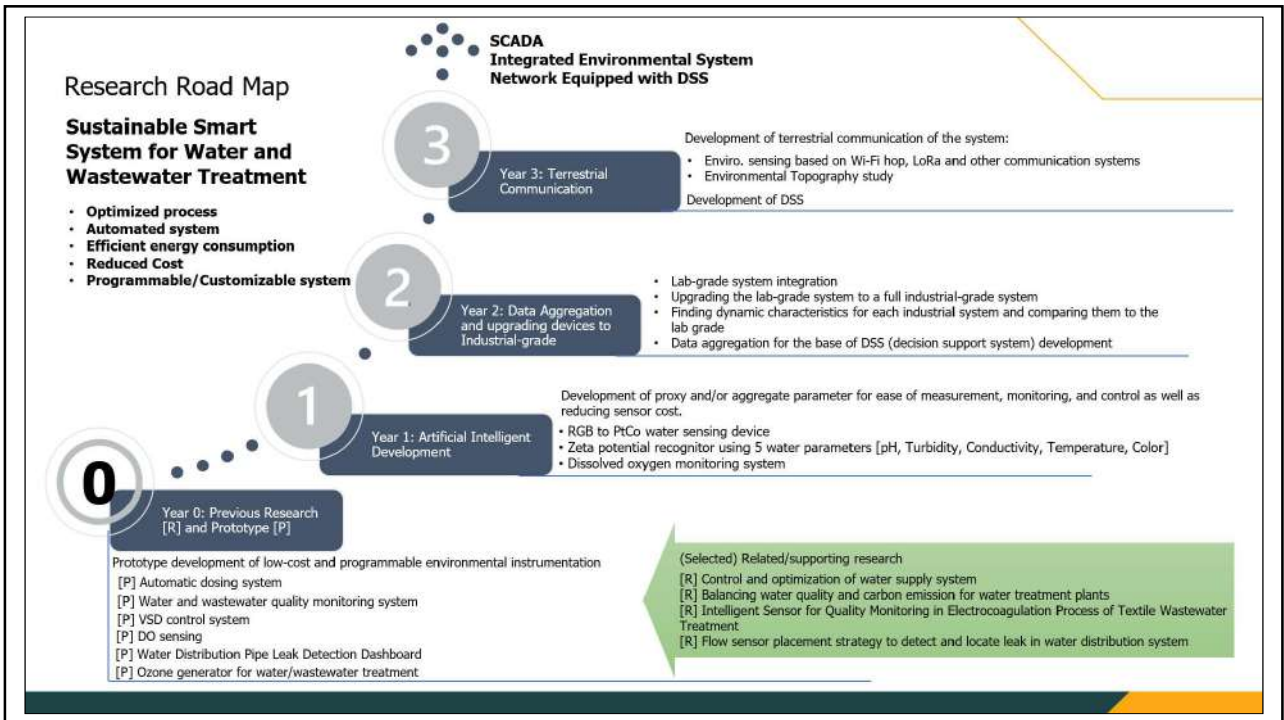
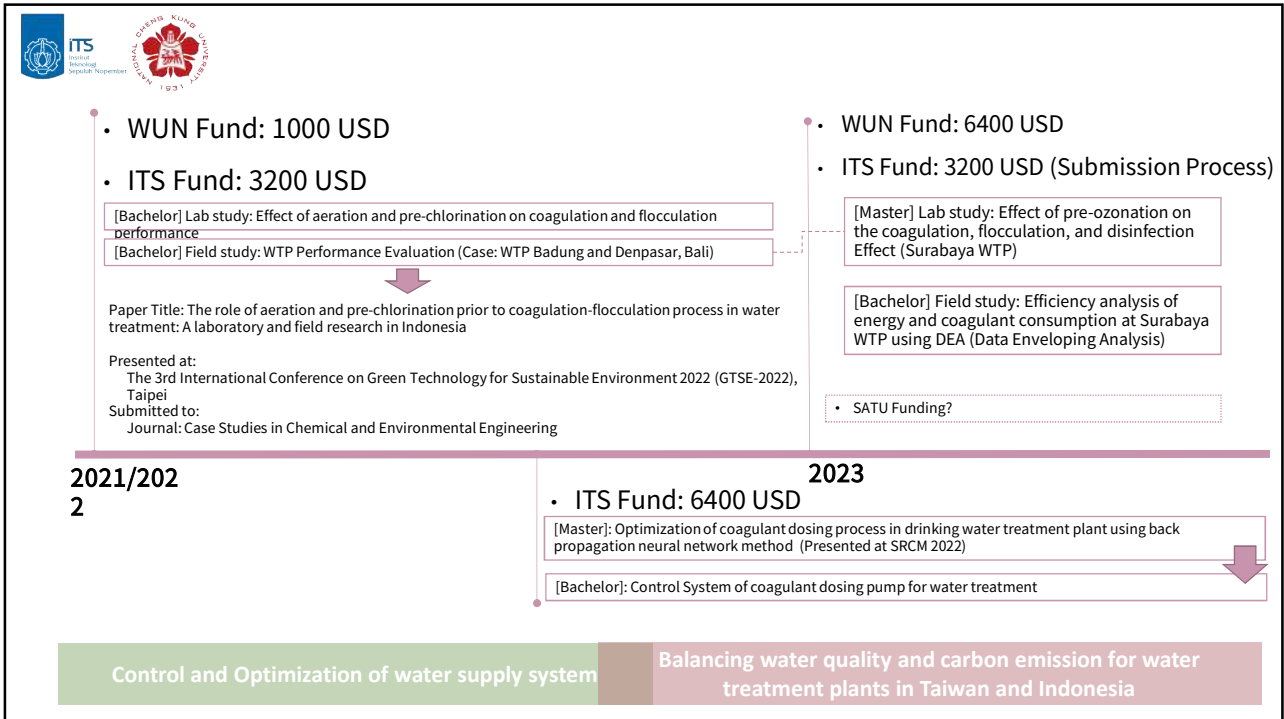
- Management
- Social
- Financial

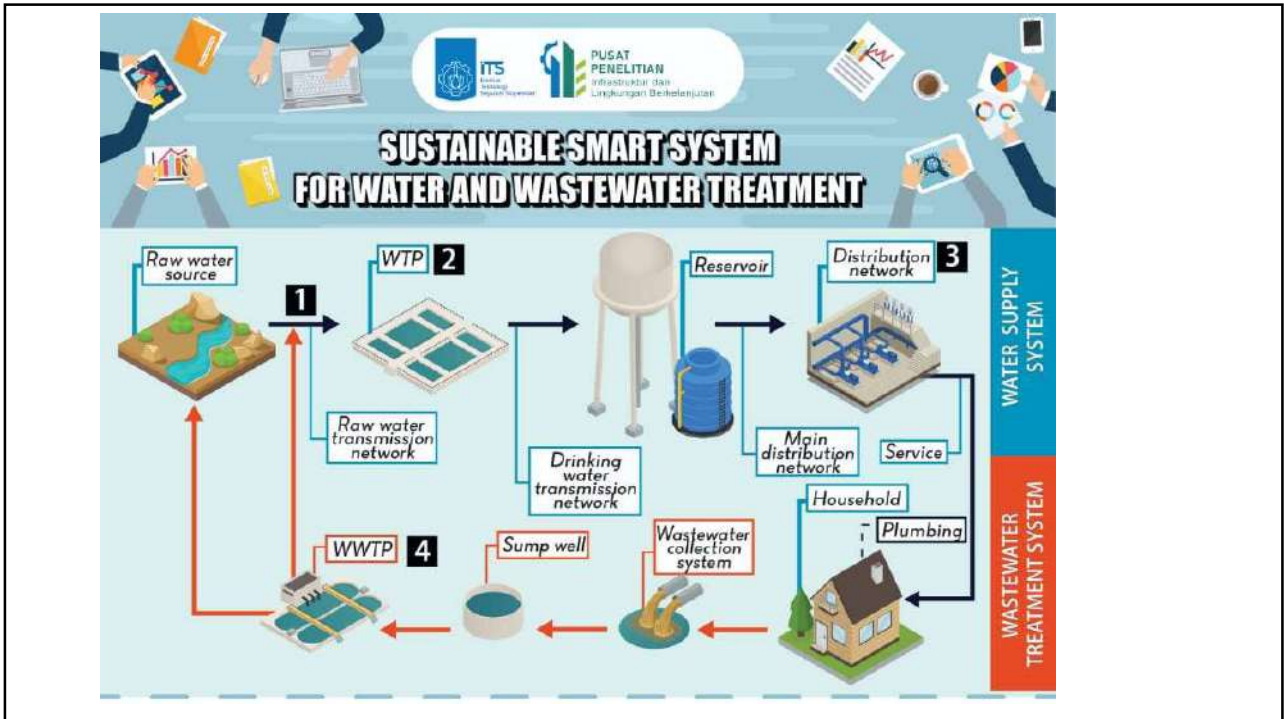
Sub Judul 4: Rancangan Bangun Kontrol VSD pada Pompa Intake PDAM untuk Efisiensi Energi Transmisi Air

Sub judul 1: Pembangunan Dashboard Deteksi Kebocoran Pipa Air Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonic Water Flowmeter

Sub Judul 2: Peningkatan Efisiensi Proses Koagulasi dan Flokulasi pada Pengolahan Air

Sub Judul 3: Aplikasi Smart Sensor untuk Optimasi Pembubuhan Bahan Kimia Pada Proses Pengolahan Air Bersih





SUSTAINABLE SMART SYSTEM FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT

Raw water source → 1 → WTP 2 → Reservoir → 3 → Distribution network

At point 2 (WTP)

2021-2022 – Research Project (BRIN Fund): Design of mobile water treatment unit to support water supply continuity within a concept.
 Result: (i) Prototype and Submitted HKI (Property Right) for “Portable flood-water treatment by continuous electrocoagulation and Portabel Pengolahan Air Setara Air Banjir Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Tubular dan Sedimentasi Beraliran Kontinu” , (ii) generator for water treatment.

2022 – Research Project (ITS Fund, WUN NCKU Taiwan): Improvement of coagulation and flocculation process efficiency in WTP.
 Result, Publication: 2023, AY Bagastyo, E Nurhayati, SPH Manah, AAWR Iswari, A Yulikasari, IDAA Warmadewanthi, TF Lin, The role of chlorination prior to coagulation-flocculation process in water treatment: A laboratory and field research in Indonesia, Case Studies Environmental Engineering, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100352>.

SUSTAINABLE SMART SYSTEM FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT

Raw water source → 1 → WTP 2 → Reservoir → 3 → Distribution network

At point 2 (WTP)

2022 – Research Project (ITS Fund): Application of smart sensor for chemical dosing optimisation in WTP.
 Result, Publication: Neural Network Modelling for Prediction of Coagulant Dosage (Presented in International Conference SRCM 2022, under in IOP: Earth and Environmental Science).
 Result, Prototype: Water quality monitoring system.
 Result, Prototype: Automatic coagulant system.

2023 (ongoing) – Research Project (Funded by WUN, NCKU Taiwan): Balancing water quality and carbon emission for water treatment plants
 Subtopic: (i) Preozonation for enhancement of chemical consumption efficiency in the coagulation and chlorination process in water Surya Sembada Surabaya); (ii) Efficiency analysis of energy and coagulant consumption at Surabaya WTP using DEA (Data Enveloping

SUSTAINABLE SMART SYSTEM FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT

Point 3 (Distribution Network)
 2021 – Research Project (BRIN Fund): Flow sensor placement strategy to detect and locate leak in water
 Result, publication: (2021) AM Shiddiqi, DA Pramana, E Nurhayati, AB Raharjo, Sensor Placement Strategy to Water Distribution Networks with Fluctuating Minimum Night Flow,

2022 – Research Project (ITS Fund): Development of a dashboard for water pipe leak detection using flowmeter.
 Result: Prototype, Flowmeter Dashboard.

SUSTAINABLE SMART SYSTEM FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT

Point 3 (Distribution Network)
 2021 – Research Project (BRIN Fund): Flow sensor placement strategy to detect and locate leak in water
 Result, publication: (2021) AM Shiddiqi, DA Pramana, E Nurhayati, AB Raharjo, Sensor Placement Strategy to Water Distribution Networks with Fluctuating Minimum Night Flow,

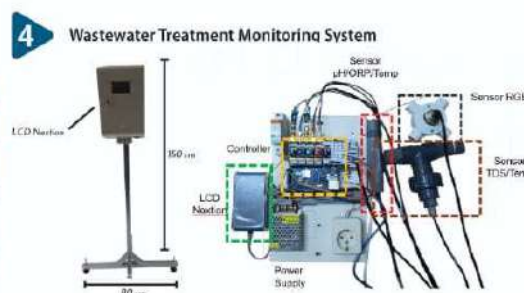
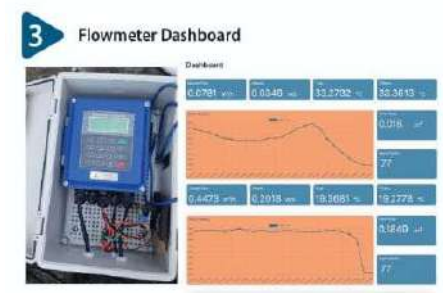
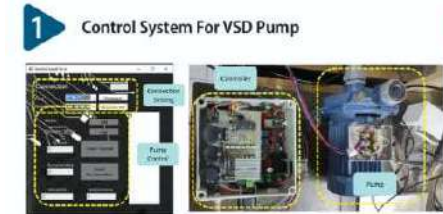
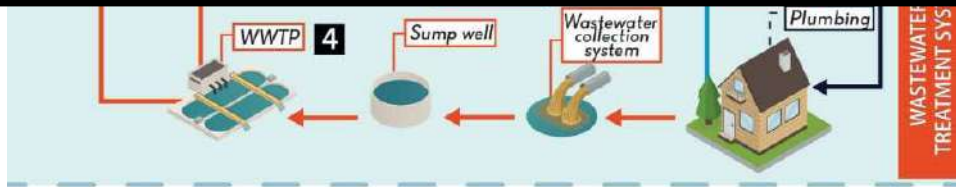
2022 – Research Project (ITS Fund): Development of a dashboard for water pipe leak detection using flowmeter.
 Result: Prototype, Flowmeter Dashboard.

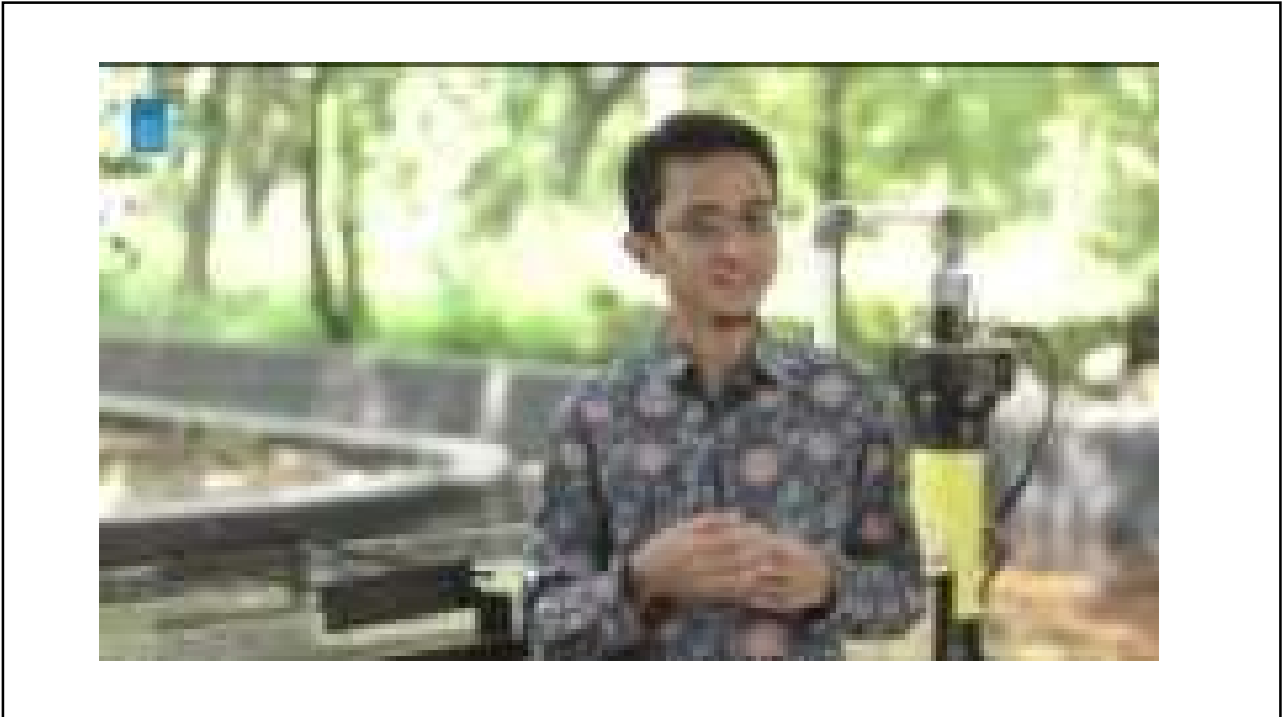


At Point 4 (Wastewater Treatment Plant)
 2022 – Research Project (ITS Fund): Intelligent Sensor for Quality Monitoring in Electrocoagulation Process of Treatment.

Result: Prototype, wastewater treatment monitoring system.

2023 (ongoing) – Research Project (ITS Fund): Development of Dissolved Oxygen Profile Monitoring in Keputih Treatment Plant (Pengembangan Sistem Monitoring Profil Konsentrasi Oksigen Terlarut pada Unit Oxidation Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih).





Preozonasi Sebagai Pretreatment Terhadap Proses Koagulasi dan Disinfeksi (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada)

Koagulasi
1. Penambahan koagulan (koagulasi) dan klorin (disinfeksi) terkadang perlu ditambahkan terlebih untuk menjaga kualitas produksi IPAK, namun dapat mempengaruhi biaya dan potensi efek samping (toksik).

Disinfeksi

Pre-oksidasi
Pre-oksidasi dengan gas ozon (pre-ozonasi) dapat menghasilkan senyawa teroksidasi (OH[•]) yang baik (mengoksidasi senyawa organik & anorganik yang bersifat inhibitor) untuk mengurangi penggunaan koagulan & klorin (Tchobanoglous, 2005)

Mekanisme Penambahan Pre-ozonasi:
Air Efluan Bek Pengendap → Pre-ozonasi → Koagulasi → Disinfeksi

Hasil Pengolahan Sebelum Pre-ozonasi

Koagulan	0%
Klorin	0%
Kekerasan	94%
Warna	60%
TSS	84%
Amonia	54%
COD	23%

Tanpa adanya pre-ozonasi dikatahui penggunaan koagulan sebesar 47 mg/L dan klorin sebesar 48 mg/L hanya mampu menyulutkan kekeruhan hingga 5 NTU, warna 2,1 PCc, TSS 5 mg/L, COD 10 mg/L, serta amonia 0,09 mg/L

Hasil Pengolahan Setelah Pre-ozonasi

Koagulan	15%
Klorin	6%
Kekerasan	34%
Warna	29%
TSS	48%
Amonia	95%
COD	46%

Penambahan preozonasi dengan dosis 0,8 mg/L dapat menurunkan dosis koagulan menjadi 40 mg/L dan klorin 45 mg/L. Penyalihan nilai parameter berupa kekeruhan hingga 37 NTU, warna 5 PCc, TSS 39 mg/L, COD 3,4 mg/L, serta amonia 0,6 mg/L

Kesimpulan: Adanya proses pre-ozonasi yang ditambahkan dapat menurunkan penggunaan koagulan sebesar 15% dan klorin sebesar 6%. Konsentrasi akhir dari masing-masing parameter juga terlihat berkurang dan mendekati nilai baku mutu air baku.



THANK YOU

Workshop on Water Quality Improvement for Drinking Water



PHOSPHORUS IN FRESHWATER BODIES

Conference Room, 7 August 2023
Department of Environmental Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Welly Herumurti - Ph.D. Student
Advisor: Professor Tsair-Fuh Lin



Department of Environmental Engineering
National Cheng Kung University (NCKU)

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NCKU

1

Introduction

Water Quality Std and Criteria

Freshwater Bodies

Phosphorus Problems

Research

Presentation Outline



Introduction

Water Quality Standards and Criteria: Indonesia and Taiwan

Water Quality in Freshwater Bodies

Phosphorus Problems

Research on Phosphorus in Water Bodies

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NCKU

2

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

Phosphorus problem

Although phosphorus is an essential nutrient, an excessive phosphorus load causes eutrophication of water bodies (Pferdmenges et al., 2020).

It will be very challenging to purify the water bodies of reservoirs once eutrophication occurs. As a result, it is crucial to take early action to prevent eutrophication (Yu et al., 2020).

Currently, the phosphorus studies still have been conducted in term of phosphorus form and concentration in many countries include in the Banqiao River Basin, China (Zhou et al., 2022), Yasu River Japan (Osaka et al., 2022), Midwestern river USA (Boardman et al., 2019), Mae Klong River Thailand (Suksomjit et al., 2018), and riverbank channel in England (Pulley et al., 2022).

Moreover, due to eutrophication often occurs in the lake ecosystem, research was mainly conducted to determine the contribution of phosphorus forms such as in Taihu Lake China (Shi et al., 2020), Chao Lake China (Shi et al., 2020), Erie Lake North America (Baker et al., 2019), and Kasumigaura Lake Japan (Shinohara et al., 2016).

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
3

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

Raw water sources for drinking water companies in East Java Indonesia


Raw water of water supply company


Source	Percentage
River	49.14%
Spring	26.35%
Groundwater	14.85%
Others	9.48%
Reservoir	0.18%

(Statistik air bersih Jawa Timur, 2021)

■ River
■ Spring
■ Groundwater
■ Reservoir
■ Others

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
4

Introduction	Water Quality Std and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
<h2>Water Quality Standards: Indonesia and Taiwan</h2>  <p>Government Rule of Republic Indonesia Number 22, 2021 about Implementation of Environmental Protection and Management (Appendix VI: National Standard of Water Quality) (before Government Rule of Republic Indonesia Number 82, 2001 about Water Quality Management and Water Pollution Control)</p> <p>Regulation of Minister of Environmental and Forestry Number 27, 2021 about Index of Environmental Quality</p> <p>Surface Water Classification and Water Quality Standards 2017 Environmental Protection Administration Taiwan</p> <p>11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 5</p>				

Introduction	Water Quality Std and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
<h2>Indonesia Environmental Quality Index: Index of Water Quality</h2>  <p>Location criteria of water quality monitoring:</p> <ol style="list-style-type: none">represents the source of the pollutant;at the outlet of the main watershed;at the intake point of drinking water treatment;on lakes, reservoirs, or situ; and/oron the flow of upstream water bodies that have not been affected by human activities. <p>Parameters:</p> <p>pH, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), E. coli, nitrate nitrogen (NO₃-N), total nitrogen, total phosphorous (TP), fecal coliform, chlorophyll-a, transparency</p> <p>11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 6</p>				

Introduction | Water Quality Std and Criteria | Freshwater Bodies | Phosphorus Problems | Research

Designated Uses : Indonesia and Taiwan

Indonesian Water Classification

Class	Designated Used
Class 1	Raw drinking water
Class 2	Recreation, aquaculture water, livestock, irrigation/agriculture
Class 3	Aquaculture water, livestock, irrigation/agriculture
Class 4	Irrigation/agriculture

Taiwan terrestrial surface water bodies (Rivers and lakes)

Category	Designated Used
Category A	Class 1 public water, swimming and as Category B, C, D, and E water bodies
Category B	Class 2 public water, Class 1 aquaculture water and as Category C, D, and E water bodies
Category C	Class 3 public water, Class 2 aquaculture water, Class 1 industrial water and as Category D and E water bodies
Category D	Irrigation water, Class 2 industrial water, and environmental conservation
Category E	environmental conservation

1."Class 1 public water" means water sources that have been disinfected and can be used as public water supplies.
 2."Class 2 public water" means water sources that must undergo commonly-used purification methods, such as coagulation, sedimentation, filtration, and disinfection, etc., before they may be used as public water sources.
 3."Class 3 public water" means to water sources that must undergo special or intensive treatment, such as activated carbon adsorption, ion exchange, and reverse osmosis, etc., before they may be used as public water sources.
 4."Class 1 aquaculture water" means terrestrial surface water sources that may be used to provide water for raising trout, sweetfish and perch, and to marine water sources that may be used to obtain water for raising red sea bream and purple laver.
 5."Class 2 aquaculture water" means terrestrial surface water sources that may be used to provide water for raising carp, grass carp, and mollusks, and to marine water sources that may be used to obtain water for raising milkfish, common mullet, and gracilar seaweed.
 6."Class 1 industrial water" means water sources that may be used for use in manufacturing.
 7."Class 2 industrial water" means water sources that may be used for cooling water.

11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 7

Introduction | Water Quality Std and Criteria | Freshwater Bodies | Phosphorus Problems | Research

Water Quality Criteria

Indonesia: Lake Water Quality Standard

Parameters	Unit	Indonesia			
		1	2	3	4
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
Dissolved oxygen (DO)	mg/L	6	4	3	1
Biochemical oxygen demand (BOD)	mg/L	2	3	6	12
Suspended solids (SS)	mg/L	25	50	100	400
E. coli	CFU/100 mL	100	1000	2000	2000
Total nitrogen	mg/L	0.65	0.75	1.9	-
Total phosphorous (TP)	mg/L	0.01	0.03	0.1	-

Indonesia: River Water Quality Standard

Parameters	Unit	Indonesia			
		1	2	3	4
pH		6-9	6-9	6-9	5-9
Dissolved oxygen (DO)	mg/L	6	4	3	1
Biochemical oxygen demand (BOD)	mg/L	2	3	6	12
Suspended solids (SS)	mg/L	40	50	100	400
E. coli	CFU/100 mL	100	1000	2000	2000
Nitrate nitrogen (NO ₃ -N)	mg/L	10	10	20	20
Nitrite nitrogen (NO ₂ -N)	mg/L	0.06	0.06	0.06	-
Ammonia nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	0.1	0.2	0.5	-
Total nitrogen	mg/L	15	15	25	-
Total phosphorous (TP)	mg/L	0.2	0.2	1.00	-

Taiwan terrestrial surface water bodies (Rivers and lakes)

Parameters	Unit	Taiwan				
		A	B	C	D	E
pH		6.5-8.5	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0	6.5-9.0
Dissolved oxygen (DO)	mg/L	≥6.5	≥5.5	≥4.5	≥3	≥2
Biochemical oxygen demand (BOD)	mg/L	≤1	≤2	≤4	≤8	≤10
Suspended solids (SS)	mg/L	≤25	≤25	≤40	≤100	Neither floating objects nor oil pollutant
E. coli	CFU/100 mL	≤50	≤5000	≤10000	-	-
Ammonia nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	≤0.1	≤0.3	≤0.3	-	-
Total phosphorous (TP)	mg/L	≤0.02	≤0.05	-	-	-

Indonesia: Environmental Protection and Management: National Standard of Water Quality: River and lake

Taiwan: Surface Water Classification and Water Quality Standards: Terrestrial surface and marine surface water bodies

11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 8

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

The monitored reservoirs in Taiwan

Trophic state indices of reservoirs around Taiwan

<https://wq.epa.gov.tw/EWQP/en/EnvWaterMonitoring/Reservoir.aspx#!>

Feng Shan Reservoir monitoring sites

Statistics Time: Nov, 2020

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
9

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

Feng Shan Reservoir monitoring results in November 2020

Parameters	Unit	Feng-Shan Reservoir I	Feng-Shan Reservoir II	Feng-Shan Reservoir III	Feng-Shan Reservoir IV
Water Classification		B	B	B	B
Latitude and longitude		22°32'27.528", 120°23'31.985"	22°32'20.321", 120°23'24.338"	22°32'19.219", 120°23'18.539"	22°32'19.219", 120°23'18.539"
CSTI	Eutrophic	74	72	71	71
SD	m	0.6	0.7	0.8	0.8
Chl. a	mg/L	20.8	14.3	13.6	13.6
Total Phosphate	mg/L	0.499	0.468	0.464	0.464
Sampling Depth	m	0.5	0.5	0.5	0.5
Atmospheric Temp.	°C	27.3	27.2	27	27
Water Temp.	°C	27.2	27.2	27.3	27.3
pH		7.9	7.84	7.38	7.83
EC	mmho/cm25°C	559	562	564	563
DO (Electrode)	mg/L	6.3	4.9	5.1	5.1
DOS	%	79.2	61.8	64.2	64.2
TB	NTU	12	11	10	10
SS	mg/L	16.4	12.1	12.4	12.4
COD	mg/L	8.2	4.6	5	5
NH₃-N	mg/L	0.2	0.1	0.08	0.08
TOC	mg/L	1.7	1.83	1.69	1.69

<https://wq.epa.gov.tw/EWQP/en/EnvWaterMonitoring/Reservoir.aspx#!>

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
10

Introduction | Water Quality Std and Criteria | Freshwater Bodies | Phosphorus Problems | Research

Online Monitoring: Onlmo Ministry of Environmental and Forestry

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NUKU

11

Introduction | Water Quality Std and Criteria | Freshwater Bodies | Phosphorus Problems | Research

Online Monitoring: Onlmo Ministry of Environmental and Forestry

11/21/2023

Stasiun KLHK71, Desa Tulungrejo, SUNGAI BRANTAS, Kota Batu, Jawa Timur.

STATUS MUTU	PROFIL STASIUN	GRAFIK TREND	GRAFIK BAR
DAS	Indeks Pencemar	Status Mutu Air	Parameter Kritis
Brantas	0.32	MEMENUHI BAKUMUTU	--
			Tanggal Data
			04 Agustus 2023

Indeks Pencemar Per Parameter

Kategori	Amonia	BOD	COD	DO	Nitrat	PH	TDS	TSS
CEMAR BERAT								
CEMAR SEDANG								
CEMAR RINGAN								
MEMENUHI BAKUMUTU	0.33	0.10	0.4	0.01	0.09			

1. Indeks adalah rasio konsentrasi parameter terhadap baku mutu air sungai kelas II Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021
2. Apabila indeks (-) artinya data tidak valid

STATUS MUTU AIR BERDASARKAN PERMEN LHK NOMOR 27 TAHUN 2021

0 - 1 MEMENUHI BAKUMUTU	1 - 5 CEMAR RINGAN	5 - 10 CEMAR SEDANG	10 - 100 CEMAR BERAT
----------------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------

11/21/2023

12

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

River Water Quality Dataset

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NCKU

13

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

River Water Quality Daerah Istimewa Yogyakarta

Sub Element	Year			
	2019	2020	2021	2022
River of Code				
Up-stream				
BOD	3.67	2.54	1.07	1.57
COD	20.80	23.09	8.23	9.31
TSS	70.00	10.85	30.00	133.07
DO	3.31	7.20	7.31	5.31
TP	0.37	0.25	0.42	0.43
E-coli	180	315	1,347	1,223
Total coliform	930	555	3,103	2,187
Middle stream				
BOD	5.51	28.04	3.38	2.27
COD	16.80	78.49	14.87	15.41
TSS	85.00	15.38	14.41	9.13
DO	2.94	8.14	6.91	7.17
TP	0.81	0.66	0.72	0.66
E-coli	40,000	70,000	32,607	186,000
Total coliform	430,000	150,500	62,667	366,667
Down-stream				
BOD	5.51	37.85	4.26	2.00
COD	20.40	95.29	17.20	6.00
TSS	80.00	3.65	3.00	5.00
DO	2.94	7.41	6.84	7.00
TP	1.78	0.72	0.67	0.00
E-coli	14,000	47,000	314,667	186
Total coliform	35,000	280,000	314,667	367

Sub Element	Year			
	2019	2020	2021	2022
River of Konteng				
Up-stream				
BOD	5.51	3.12	4.11	2.00
COD	14.20	16.83	15.46	8.26
TSS	98.00	4.25	10.67	4.73
DO	3.12	8.07	6.15	8.38
TP	0.71	0.22	0.31	0.21
E-coli	3,500,000	177,350	56,667	39,300
Total coliform	3,500,000	920,000	92,000	62,967
Middle stream				
BOD	3.67	2.24	2.07	1.92
COD	13.80	23.68	9.99	9.57
TSS	82.00	6.95	5.40	7.43
DO	3.31	7.98	7.29	7.80
TP	0.54	0.60	0.56	0.27
E-coli	45,000	27,650	35,067	11,033
Total coliform	45,000	49,000	43,100	25,467
Down-stream				
BOD	3.67	2.13	3.74	1.44
COD	20.40	21.12	17.42	9.80
TSS	85.00	18.60	20.67	29.57
DO	2.94	7.78	8.70	7.53
TP	0.71	0.69	0.73	0.43
E-coli	18,000	89,500	15,867	73,200
Total coliform	18,000	89,500	36,267	121,867

https://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data_dasar/index/185-pemantauan-kualitas-air-sungai

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NCKU

14

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

River Water Quality in Regency of Mojokerto East Java 2022

Location	Parameters											
	pH	TSS	TDS	BODs	COD	DO	Cu	Cobalt (Co)	H ₂ S	Nitrite-N	Fecal Coli	TP
Up-stream River Pikanan	7.96	8.40	68	1.86	4.67	6.71	<0,0119	<0,0344	0.384	0.548	230	0.035
Down-stream River Pikanan	8.14	54.90	108.0	3.09	7.63	5.62	<0,0119	<0,0344	1.23	0.477	430	0.0786
Up-stream River Cumpleng	8.3	7.80	155.0	2.24	5.48	6.1	<0,0119	<0,0344	0.541	0.535	170	0.051
Down-stream River Cumpleng	8.22	37.6	116.0	2.72	6.57	5.92	<0,0119	<0,0344	0.564	0.504	240	0.103
Up-stream River Sadar	8.04	25.1	248.0	3.51	8.72	5.32	<0,0119	<0,0344	<0,107	7.55	580	0.38
Down-stream River Sadar	8.33	34.4	258.0	3.76	8.94	5.24	<0,0119	<0,0344	0.586	0.891	470	0.185
Up-stream River Kromong	7.84	9.70	168.0	1.96	4.9	6.39	<0,0119	<0,0344	<0,107	0.450	210	0.0701
Down-stream River Kromong	7.78	18.6	101.0	3.39	8.39	5.34	<0,0119	<0,0344	0.700	0.454	400	0.0532
Up-stream River Marmoyo	8.39	29.70	284.0	1.41	3.52	7.14	<0,0119	<0,0344	<0,107	0.482	130	0.124
Down-stream River Marmoyo	8.54	37.70	304.0	1.43	3.6	6.93	<0,0119	<0,0344	0.451	0.514	480	0.143
Up-stream River Kwangen	8.38	12.3	470.0	1.56	3.85	6.75	<0,0119	<0,0344	<0,107	0.642	170	0.0752
Down-stream River Kwangen	8.54	46.8	507.0	1.78	4.34	6.67	<0,0119	<0,0344	0.181	0.682	230	0.196
Up-stream River Kedungsoro	8.34	36.2	256.0	1.68	4.12	6.71	<0,0119	<0,0344	0.248	0.524	110	0.175
Down-stream River Kedungsoro	8.42	54.0	259.0	2.10	5.15	6.19	<0,0119	<0,0344	0.113	0.522	270	0.213

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
15

Introduction
Water Quality Std and Criteria
Freshwater Bodies
Phosphorus Problems
Research

Particulate phosphorus

Based on many studies, the phosphorus concentrations in rivers during wet season are considerably higher in urban area than agriculture area which are contributed from dissolved phosphorus.

While the rising of particulate phosphorus ratio to total phosphorus are shown during rain lessness day (Pulley et al., 2022; Zhou et al., 2022).

Based on the study in the Yasu River, the PP concentrations dominated during low water flow in the paddy rice field area, and the PP concentrations quite enhanced during storm season in the dominated woodland area (Osaka et al., 2022).

11/21/2023
Department of Environmental Engineering - NCKU
16

Preliminary analysis for freshwater samples

Shui sha lian Highway
北勢里
Caotun Township
Nantou County

2022 2:38:16 PM GMT+08:00
23°59'47.462"N 120°44'37.24"E

Phosphorous concentration of Nantou artificial reservoir

Parameters	Inlet GC	Outlet GC	Reservoir
TP	0.114	0.215	0.117
TDP	0.108	0.176	0.111
TPP	0.007	0.039	0.007
TPP/TP	5.71%	18.18%	5.56%

Introduction	Water Quality Std and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
--------------	--------------------------------	-------------------	---------------------	----------

Water samples

The freshwater sample were collected from several water bodies in Taiwan, including rivers, lakes, and reservoirs.

Three initial freshwater samples had taken and are compared with other literatures. Both river waters are pumped to the lake or reservoir.

Preliminary results showed the concentrations of phosphorus in the river were higher than in the reservoir.

Parameters	Donggang River (東港溪)	Gaoping River (高屏溪)	(Yao et al., 2016)	(Yu et al., 2021)
TP	1.174	0.470	2.890	0.1-0.14
TDP	0.969	0.114	0.016	0.01-0.11
TPP	0.205	0.355	2.874	0.03-0.09
TIP	0.642	0.414		
TOP	0.532	0.055		
DIP	0.564	0.100	0.004	
DOP	0.404	0.014	0.012	
PIP	0.078	0.314		
POP	0.127	0.041		
TPP/TP	17.50%	75.69%	99.46%	50.00%
pH	7.462	8.095		
Turbidity	7.04	298		
TSS	24	352		
TS	430	903		

Yellow River (Yao et al., 2016)
Wangjiadian and Daxishan Reservoirs (Yu et al., 2021)

11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 18

Introduction	Water Quality Std and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
--------------	--------------------------------	-------------------	---------------------	----------

Research on Phosphorus in Freshwater Bodies

Particulate phosphorus concentration frequently dominates of the total phosphorus which causes eutrophication in freshwater body.

However, recently many studies still concern particularly particle size distribution which is influenced by many factors, including rainfall, catchment area, loam characteristic, and water bodies characteristic.

Moreover, the PP predominantly has categorized as small or fine particles and sorbed in suspended solids which is challenging to be separated. While only few studies emphasize to evaluate the treatment of phosphorus in the freshwater bodies.

11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 19

Introduction	Water Quality Std and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
--------------	--------------------------------	-------------------	---------------------	----------

Research on Phosphorus in Freshwater Bodies


Research on the treatment and removal of particulates, which will be improved by use of computational fluid dynamics, is needed to lessen the possibility for eutrophication in fresh ecosystems.

The research will be concentrated on designing and simulating a reactor for the treatment of particulate phosphorus

As a result, the study will develop a distinct method of treating phosphorus particulates with various water characteristics.

11/21/2023 Department of Environmental Engineering - NCKU 20

Introduction	Water Quality Std. and Criteria	Freshwater Bodies	Phosphorus Problems	Research
--------------	---------------------------------	-------------------	---------------------	----------




Thank you

11/21/2023

Department of Environmental Engineering - NCKU

21

 成功大學 National Cheng Kung University

WORKSHOP ON
Water Quality Improvement for Drinking Water



Monitoring of cyanotoxin and odorant-producing cyanobacteria in drinking water reservoirs using real-time PCR

Yi-Ting (Sandy) Chiu and Tsair-Fuh Lin


Department of Environmental Engineering
National Cheng Kung University
Tainan, Taiwan

August 07th, 2023

What is cyanobacteria?

2


- It is a phylum of bacteria that obtain their energy through **photosynthesis**
- The name "**cyanobacteria**" comes from the color of the bacteria
 - It often called blue-green algae
- Cyanobacteria are known for their extensive and highly visible **blooms** that can form in both freshwater and marine environments
 - The blooms can have the appearance of blue-green paint or scum




CSW reservoir, 2013, Taiwan KM reservoir, 2006, Taiwan BSS reservoir, 2011, Taiwan ZET reservoir, 2013, Taiwan

Common Cyanobacterial Metabolites

Microcystis



Cylindrospermopsis



Microcystin

C1=CC=C2C(=C1)N(C2)C3=NC(=C4C(=N3)C(=O)N4)C5=CC=C6C(=C5)N(C6)C7=NC(=C8C(=N7)C(=O)N8)C9=CC=C10C(=C9)N(C10)C11=NC(=C12C(=N11)C(=O)N12)C13=CC=C14C(=C13)N(C14)C15=NC(=C16C(=N15)C(=O)N16)C17=CC=C18C(=C17)N(C18)C19=NC(=C20C(=N19)C(=O)N20)C21=CC=C22C(=C21)N(C22)C23=NC(=C24C(=N23)C(=O)N24)C25=CC=C26C(=C25)N(C26)C27=NC(=C28C(=N27)C(=O)N28)C29=CC=C30C(=C29)N(C30)C31=NC(=C32C(=N31)C(=O)N32)C33=CC=C34C(=C33)N(C34)C35=NC(=C36C(=N35)C(=O)N36)C37=CC=C38C(=C37)N(C38)C39=NC(=C40C(=N39)C(=O)N40)C41=CC=C42C(=C41)N(C42)C43=NC(=C44C(=N43)C(=O)N44)C45=CC=C46C(=C45)N(C46)C47=NC(=C48C(=N47)C(=O)N48)C49=CC=C50C(=C49)N(C50)C51=NC(=C52C(=N51)C(=O)N52)C53=CC=C54C(=C53)N(C54)C55=NC(=C56C(=N55)C(=O)N56)C57=CC=C58C(=C57)N(C58)C59=NC(=C60C(=N59)C(=O)N60)C61=CC=C62C(=C61)N(C62)C63=NC(=C64C(=N63)C(=O)N64)C65=CC=C66C(=C65)N(C66)C67=NC(=C68C(=N67)C(=O)N68)C69=CC=C70C(=C69)N(C70)C71=NC(=C72C(=N71)C(=O)N72)C73=CC=C74C(=C73)N(C74)C75=NC(=C76C(=N75)C(=O)N76)C77=CC=C78C(=C77)N(C78)C79=NC(=C80C(=N79)C(=O)N80)C81=CC=C82C(=C81)N(C82)C83=NC(=C84C(=N83)C(=O)N84)C85=CC=C86C(=C85)N(C86)C87=NC(=C88C(=N87)C(=O)N88)C89=CC=C90C(=C89)N(C90)C91=NC(=C92C(=N91)C(=O)N92)C93=CC=C94C(=C93)N(C94)C95=NC(=C96C(=N95)C(=O)N96)C97=CC=C98C(=C97)N(C98)C99=NC(=C100C(=N99)C(=O)N100)C101=CC=C102C(=C101)N(C102)C103=NC(=C104C(=N103)C(=O)N104)C105=CC=C106C(=C105)N(C106)C107=NC(=C108C(=N107)C(=O)N108)C109=CC=C110C(=C109)N(C110)C111=NC(=C112C(=N111)C(=O)N112)C113=CC=C114C(=C113)N(C114)C115=NC(=C116C(=N115)C(=O)N116)C117=CC=C118C(=C117)N(C118)C119=NC(=C120C(=N119)C(=O)N120)C121=CC=C122C(=C121)N(C122)C123=NC(=C124C(=N123)C(=O)N124)C125=CC=C126C(=C125)N(C126)C127=NC(=C128C(=N127)C(=O)N128)C129=CC=C130C(=C129)N(C130)C131=NC(=C132C(=N131)C(=O)N132)C133=CC=C134C(=C133)N(C134)C135=NC(=C136C(=N135)C(=O)N136)C137=CC=C138C(=C137)N(C138)C139=NC(=C140C(=N139)C(=O)N140)C141=CC=C142C(=C141)N(C142)C143=NC(=C144C(=N143)C(=O)N144)C145=CC=C146C(=C145)N(C146)C147=NC(=C148C(=N147)C(=O)N148)C149=CC=C150C(=C149)N(C150)C151=NC(=C152C(=N151)C(=O)N152)C153=CC=C154C(=C153)N(C154)C155=NC(=C156C(=N155)C(=O)N156)C157=CC=C158C(=C157)N(C158)C159=NC(=C160C(=N159)C(=O)N160)C161=CC=C162C(=C161)N(C162)C163=NC(=C164C(=N163)C(=O)N164)C165=CC=C166C(=C165)N(C166)C167=NC(=C168C(=N167)C(=O)N168)C169=CC=C170C(=C169)N(C170)C171=NC(=C172C(=N171)C(=O)N172)C173=CC=C174C(=C173)N(C174)C175=NC(=C176C(=N175)C(=O)N176)C177=CC=C178C(=C177)N(C178)C179=NC(=C180C(=N179)C(=O)N180)C181=CC=C182C(=C181)N(C182)C183=NC(=C184C(=N183)C(=O)N184)C185=CC=C186C(=C185)N(C186)C187=NC(=C188C(=N187)C(=O)N188)C189=CC=C190C(=C189)N(C190)C191=NC(=C192C(=N191)C(=O)N192)C193=CC=C194C(=C193)N(C194)C195=NC(=C196C(=N195)C(=O)N196)C197=CC=C198C(=C197)N(C198)C199=NC(=C200C(=N199)C(=O)N200)C201=CC=C202C(=C201)N(C202)C203=NC(=C204C(=N203)C(=O)N204)C205=CC=C206C(=C205)N(C206)C207=NC(=C208C(=N207)C(=O)N208)C209=CC=C210C(=C209)N(C210)C211=NC(=C212C(=N211)C(=O)N212)C213=CC=C214C(=C213)N(C214)C215=NC(=C216C(=N215)C(=O)N216)C217=CC=C218C(=C217)N(C218)C219=NC(=C220C(=N219)C(=O)N220)C221=CC=C222C(=C221)N(C222)C223=NC(=C224C(=N223)C(=O)N224)C225=CC=C226C(=C225)N(C226)C227=NC(=C228C(=N227)C(=O)N228)C229=CC=C230C(=C229)N(C230)C231=NC(=C232C(=N231)C(=O)N232)C233=CC=C234C(=C233)N(C234)C235=NC(=C236C(=N235)C(=O)N236)C237=CC=C238C(=C237)N(C238)C239=NC(=C240C(=N239)C(=O)N240)C241=CC=C242C(=C241)N(C242)C243=NC(=C244C(=N243)C(=O)N244)C245=CC=C246C(=C245)N(C246)C247=NC(=C248C(=N247)C(=O)N248)C249=CC=C250C(=C249)N(C250)C251=NC(=C252C(=N251)C(=O)N252)C253=CC=C254C(=C253)N(C254)C255=NC(=C256C(=N255)C(=O)N256)C257=CC=C258C(=C257)N(C258)C259=NC(=C260C(=N259)C(=O)N260)C261=CC=C262C(=C261)N(C262)C263=NC(=C264C(=N263)C(=O)N264)C265=CC=C266C(=C265)N(C266)C267=NC(=C268C(=N267)C(=O)N268)C269=CC=C270C(=C269)N(C270)C271=NC(=C272C(=N271)C(=O)N272)C273=CC=C274C(=C273)N(C274)C275=NC(=C276C(=N275)C(=O)N276)C277=CC=C278C(=C277)N(C278)C279=NC(=C280C(=N279)C(=O)N280)C281=CC=C282C(=C281)N(C282)C283=NC(=C284C(=N283)C(=O)N284)C285=CC=C286C(=C285)N(C286)C287=NC(=C288C(=N287)C(=O)N288)C289=CC=C290C(=C289)N(C290)C291=NC(=C292C(=N291)C(=O)N292)C293=CC=C294C(=C293)N(C294)C295=NC(=C296C(=N295)C(=O)N296)C297=CC=C298C(=C297)N(C298)C299=NC(=C300C(=N299)C(=O)N300)C301=CC=C302C(=C301)N(C302)C303=NC(=C304C(=N303)C(=O)N304)C305=CC=C306C(=C305)N(C306)C307=NC(=C308C(=N307)C(=O)N308)C309=CC=C310C(=C309)N(C310)C311=NC(=C312C(=N311)C(=O)N312)C313=CC=C314C(=C313)N(C314)C315=NC(=C316C(=N315)C(=O)N316)C317=CC=C318C(=C317)N(C318)C319=NC(=C320C(=N319)C(=O)N320)C321=CC=C322C(=C321)N(C322)C323=NC(=C324C(=N323)C(=O)N324)C325=CC=C326C(=C325)N(C326)C327=NC(=C328C(=N327)C(=O)N328)C329=CC=C330C(=C329)N(C330)C331=NC(=C332C(=N331)C(=O)N332)C333=CC=C334C(=C333)N(C334)C335=NC(=C336C(=N335)C(=O)N336)C337=CC=C338C(=C337)N(C338)C339=NC(=C340C(=N339)C(=O)N340)C341=CC=C342C(=C341)N(C342)C343=NC(=C344C(=N343)C(=O)N344)C345=CC=C346C(=C345)N(C346)C347=NC(=C348C(=N347)C(=O)N348)C349=CC=C350C(=C349)N(C350)C351=NC(=C352C(=N351)C(=O)N352)C353=CC=C354C(=C353)N(C354)C355=NC(=C356C(=N355)C(=O)N356)C357=CC=C358C(=C357)N(C358)C359=NC(=C360C(=N359)C(=O)N360)C361=CC=C362C(=C361)N(C362)C363=NC(=C364C(=N363)C(=O)N364)C365=CC=C366C(=C365)N(C366)C367=NC(=C368C(=N367)C(=O)N368)C369=CC=C370C(=C369)N(C370)C371=NC(=C372C(=N371)C(=O)N372)C373=CC=C374C(=C373)N(C374)C375=NC(=C376C(=N375)C(=O)N376)C377=CC=C378C(=C377)N(C378)C379=NC(=C380C(=N379)C(=O)N380)C381=CC=C382C(=C381)N(C382)C383=NC(=C384C(=N383)C(=O)N384)C385=CC=C386C(=C385)N(C386)C387=NC(=C388C(=N387)C(=O)N388)C389=CC=C390C(=C389)N(C390)C391=NC(=C392C(=N391)C(=O)N392)C393=CC=C394C(=C393)N(C394)C395=NC(=C396C(=N395)C(=O)N396)C397=CC=C398C(=C397)N(C398)C399=NC(=C400C(=N399)C(=O)N400)C401=CC=C402C(=C401)N(C402)C403=NC(=C404C(=N403)C(=O)N404)C405=CC=C406C(=C405)N(C406)C407=NC(=C408C(=N407)C(=O)N408)C409=CC=C410C(=C409)N(C410)C411=NC(=C412C(=N411)C(=O)N412)C413=CC=C414C(=C413)N(C414)C415=NC(=C416C(=N415)C(=O)N416)C417=CC=C418C(=C417)N(C418)C419=NC(=C420C(=N419)C(=O)N420)C421=CC=C422C(=C421)N(C422)C423=NC(=C424C(=N423)C(=O)N424)C425=CC=C426C(=C425)N(C426)C427=NC(=C428C(=N427)C(=O)N428)C429=CC=C430C(=C429)N(C430)C431=NC(=C432C(=N431)C(=O)N432)C433=CC=C434C(=C433)N(C434)C435=NC(=C436C(=N435)C(=O)N436)C437=CC=C438C(=C437)N(C438)C439=NC(=C440C(=N439)C(=O)N440)C441=CC=C442C(=C441)N(C442)C443=NC(=C444C(=N443)C(=O)N444)C445=CC=C446C(=C445)N(C446)C447=NC(=C448C(=N447)C(=O)N448)C449=CC=C450C(=C449)N(C450)C451=NC(=C452C(=N451)C(=O)N452)C453=CC=C454C(=C453)N(C454)C455=NC(=C456C(=N455)C(=O)N456)C457=CC=C458C(=C457)N(C458)C459=NC(=C460C(=N459)C(=O)N460)C461=CC=C462C(=C461)N(C462)C463=NC(=C464C(=N463)C(=O)N464)C465=CC=C466C(=C465)N(C466)C467=NC(=C468C(=N467)C(=O)N468)C469=CC=C470C(=C469)N(C470)C471=NC(=C472C(=N471)C(=O)N472)C473=CC=C474C(=C473)N(C474)C475=NC(=C476C(=N475)C(=O)N476)C477=CC=C478C(=C477)N(C478)C479=NC(=C480C(=N479)C(=O)N480)C481=CC=C482C(=C481)N(C482)C483=NC(=C484C(=N483)C(=O)N484)C485=CC=C486C(=C485)N(C486)C487=NC(=C488C(=N487)C(=O)N488)C489=CC=C490C(=C489)N(C490)C491=NC(=C492C(=N491)C(=O)N492)C493=CC=C494C(=C493)N(C494)C495=NC(=C496C(=N495)C(=O)N496)C497=CC=C498C(=C497)N(C498)C499=NC(=C500C(=N499)C(=O)N500)C501=CC=C502C(=C501)N(C502)C503=NC(=C504C(=N503)C(=O)N504)C505=CC=C506C(=C505)N(C506)C507=NC(=C508C(=N507)C(=O)N508)C509=CC=C510C(=C509)N(C510)C511=NC(=C512C(=N511)C(=O)N512)C513=CC=C514C(=C513)N(C514)C515=NC(=C516C(=N515)C(=O)N516)C517=CC=C518C(=C517)N(C518)C519=NC(=C520C(=N519)C(=O)N520)C521=CC=C522C(=C521)N(C522)C523=NC(=C524C(=N523)C(=O)N524)C525=CC=C526C(=C525)N(C526)C527=NC(=C528C(=N527)C(=O)N528)C529=CC=C530C(=C529)N(C530)C531=NC(=C532C(=N531)C(=O)N532)C533=CC=C534C(=C533)N(C534)C535=NC(=C536C(=N535)C(=O)N536)C537=CC=C538C(=C537)N(C538)C539=NC(=C540C(=N539)C(=O)N540)C541=CC=C542C(=C541)N(C542)C543=NC(=C544C(=N543)C(=O)N544)C545=CC=C546C(=C545)N(C546)C547=NC(=C548C(=N547)C(=O)N548)C549=CC=C550C(=C549)N(C550)C551=NC(=C552C(=N551)C(=O)N552)C553=CC=C554C(=C553)N(C554)C555=NC(=C556C(=N555)C(=O)N556)C557=CC=C558C(=C557)N(C558)C559=NC(=C560C(=N559)C(=O)N560)C561=CC=C562C(=C561)N(C562)C563=NC(=C564C(=N563)C(=O)N564)C565=CC=C566C(=C565)N(C566)C567=NC(=C568C(=N567)C(=O)N568)C569=CC=C570C(=C569)N(C570)C571=NC(=C572C(=N571)C(=O)N572)C573=CC=C574C(=C573)N(C574)C575=NC(=C576C(=N575)C(=O)N576)C577=CC=C578C(=C577)N(C578)C579=NC(=C580C(=N579)C(=O)N580)C581=CC=C582C(=C581)N(C582)C583=NC(=C584C(=N583)C(=O)N584)C585=CC=C586C(=C585)N(C586)C587=NC(=C588C(=N587)C(=O)N588)C589=CC=C590C(=C589)N(C590)C591=NC(=C592C(=N591)C(=O)N592)C593=CC=C594C(=C593)N(C594)C595=NC(=C596C(=N595)C(=O)N596)C597=CC=C598C(=C597)N(C598)C599=NC(=C600C(=N599)C(=O)N600)C601=CC=C602C(=C601)N(C602)C603=NC(=C604C(=N603)C(=O)N604)C605=CC=C606C(=C605)N(C606)C607=NC(=C608C(=N607)C(=O)N608)C609=CC=C610C(=C609)N(C610)C611=NC(=C612C(=N611)C(=O)N612)C613=CC=C614C(=C613)N(C614)C615=NC(=C616C(=N615)C(=O)N616)C617=CC=C618C(=C617)N(C618)C619=NC(=C620C(=N619)C(=O)N620)C621=CC=C622C(=C621)N(C622)C623=NC(=C624C(=N623)C(=O)N624)C625=CC=C626C(=C625)N(C626)C627=NC(=C628C(=N627)C(=O)N628)C629=CC=C630C(=C629)N(C630)C631=NC(=C632C(=N631)C(=O)N632)C633=CC=C634C(=C633)N(C634)C635=NC(=C636C(=N635)C(=O)N636)C637=CC=C638C(=C637)N(C638)C639=NC(=C640C(=N639)C(=O)N640)C641=CC=C642C(=C641)N(C642)C643=NC(=C644C(=N643)C(=O)N644)C645=CC=C646C(=C645)N(C646)C647=NC(=C648C(=N647)C(=O)N648)C649=CC=C650C(=C649)N(C650)C651=NC(=C652C(=N651)C(=O)N652)C653=CC=C654C(=C653)N(C654)C655=NC(=C656C(=N655)C(=O)N656)C657=CC=C658C(=C657)N(C658)C659=NC(=C660C(=N659)C(=O)N660)C661=CC=C662C(=C661)N(C662)C663=NC(=C664C(=N663)C(=O)N664)C665=CC=C666C(=C665)N(C666)C667=NC(=C668C(=N667)C(=O)N668)C669=CC=C670C(=C669)N(C670)C671=NC(=C672C(=N671)C(=O)N672)C673=CC=C674C(=C673)N(C674)C675=NC(=C676C(=N675)C(=O)N676)C677=CC=C678C(=C677)N(C678)C679=NC(=C680C(=N679)C(=O)N680)C681=CC=C682C(=C681)N(C682)C683=NC(=C684C(=N683)C(=O)N684)C685=CC=C686C(=C685)N(C686)C687=NC(=C688C(=N687)C(=O)N688)C689=CC=C690C(=C689)N(C690)C691=NC(=C692C(=N691)C(=O)N692)C693=CC=C694C(=C693)N(C694)C695=NC(=C696C(=N695)C(=O)N696)C697=CC=C698C(=C697)N(C698)C699=NC(=C700C(=N699)C(=O)N700)C701=CC=C702C(=C701)N(C702)C703=NC(=C704C(=N703)C(=O)N704)C705=CC=C706C(=C705)N(C706)C707=NC(=C708C(=N707)C(=O)N708)C709=CC=C710C(=C709)N(C710)C711=NC(=C712C(=N711)C(=O)N712)C713=CC=C714C(=C713)N(C714)C715=NC(=C716C(=N715)C(=O)N716)C717=CC=C718C(=C717)N(C718)C719=NC(=C720C(=N719)C(=O)N720)C721=CC=C722C(=C721)N(C722)C723=NC(=C724C(=N723)C(=O)N724)C725=CC=C726C(=C725)N(C726)C727=NC(=C728C(=N727)C(=O)N728)C729=CC=C730C(=C729)N(C730)C731=NC(=C732C(=N731)C(=O)N732)C733=CC=C734C(=C733)N(C734)C735=NC(=C736C(=N735)C(=O)N736)C737=CC=C738C(=C737)N(C738)C739=NC(=C740C(=N739)C(=O)N740)C741=CC=C742C(=C741)N(C742)C743=NC(=C744C(=N743)C(=O)N744)C745=CC=C746C(=C745)N(C746)C747=NC(=C748C(=N747)C(=O)N748)C749=CC=C750C(=C749)N(C750)C751=NC(=C752C(=N751)C(=O)N752)C753=CC=C754C(=C753)N(C754)C755=NC(=C756C(=N755)C(=O)N756)C757=CC=C758C(=C757)N(C758)C759=NC(=C760C(=N759)C(=O)N760)C761=CC=C762C(=C761)N(C762)C763=NC(=C764C(=N763)C(=O)N764)C765=CC=C766C(=C765)N(C766)C767=NC(=C768C(=N767)C(=O)N768)C769=CC=C770C(=C769)N(C770)C771=NC(=C772C(=N771)C(=O)N772)C773=CC=C774C(=C773)N(C774)C775=NC(=C776C(=N775)C(=O)N776)C777=CC=C778C(=C777)N(C778)C779=NC(=C780C(=N779)C(=O)N780)C781=CC=C782C(=C781)N(C782)C783=NC(=C784C(=N783)C(=O)N784)C785=CC=C786C(=C785)N(C786)C787=NC(=C788C(=N787)C(=O)N788)C789=CC=C790C(=C789)N(C790)C791=NC(=C792C(=N791)C(=O)N792)C793=CC=C794C(=C793)N(C794)C795=NC(=C796C(=N795)C(=O)N796)C797=CC=C798C(=C797)N(C798)C799=NC(=C800C(=N799)C(=O)N800)C801=CC=C802C(=C801)N(C802)C803=NC(=C804C(=N803)C(=O)N804)C805=CC=C806C(=C805)N(C806)C807=NC(=C808C(=N807)C(=O)N808)C809=CC=C810C(=C809)N(C810)C811=NC(=C812C(=N811)C(=O)N812)C813=CC=C814C(=C813)N(C814)C815=NC(=C816C(=N815)C(=O)N816)C817=CC=C818C(=C817)N(C818)C819=NC(=C820C(=N819)C(=O)N820)C821=CC=C822C(=C821)N(C822)C823=NC(=C824C(=N823)C(=O)N824)C825=CC=C826C(=C825)N(C826)C827=NC(=C828C(=N827)C(=O)N828)C829=CC=C830C(=C829)N(C830)C831=NC(=C832C(=N831)C(=O)N832)C833=CC=C834C(=C833)N(C834)C835=NC(=C836C(=N835)C(=O)N836)C837=CC=C838C(=C837)N(C838)C839=NC(=C840C(=N839)C(=O)N840)C841=CC=C842C(=C841)N(C842)C843=NC(=C844C(=N843)C(=O)N844)C845=CC=C846C(=C845)N(C846)C847=NC(=C848C(=N847)C(=O)N848)C849=CC=C850C(=C849)N(C850)C851=NC(=C852C(=N851)C(=O)N852)C853=CC=C854C(=C853)N(C854)C855=NC(=C856C(=N855)C(=O)N856)C857=CC=C858C(=C857)N(C858)C859=NC(=C860C(=N859)C(=O)N860)C861=CC=C862C(=C861)N(C862)C863=NC(=C864C(=N863)C(=O)N864)C865=CC=C866C(=C865)N(C866)C867=NC(=C868C(=N867)C(=O)N868)C869=CC=C870C(=C869)N(C870)C871=NC(=C872C(=N871)C(=O)N872)C873=CC=C874C(=C873)N(C874)C875=NC(=C876C(=N875)C(=O)N876)C877=CC=C878C(=C877)N(C878)C879=NC(=C880C(=N879)C(=O)N880)C881=CC=C882C(=C881)N(C882)C883=NC(=C884C(=N883)C(=O)N884)C885=CC=C886C(=C885)N(C886)C887=NC(=C888C(=N887)C(=O)N888)C889=CC=C890C(=C889)N(C890)C891=NC(=C892C(=N891)C(=O)N892)C893=CC=C894C(=C893)N(C894)C895=NC(=C896C(=N895)C(=O)N896)C897=CC=C898C(=C897)N(C898)C899=NC(=C900C(=N899)C(=O)N900)C901=CC=C902C(=C901)N(C902)C903=NC(=C904C(=N903)C(=O)N904)C905=CC=C906C(=C905)N(C906)C907=NC(=C908C(=N907)C(=O)N908)C909=CC=C910C(=C909)N(C910)C911=NC(=C912C(=N911)C(=O)N912)C91

Cyanobacterial problem in Taiwan

5

- Sampling and analysis
 - To diagnose the water quality of drinking water sources
 - For taking strategies based on the water quality
 - To provide safe tap water to customers

● Cyanobacterial toxins
● 2-MIB

- Conventionally, the procedures to identify such risks
 - More than 24 hr is required
 - Contaminated water may have already entered the distribution systems

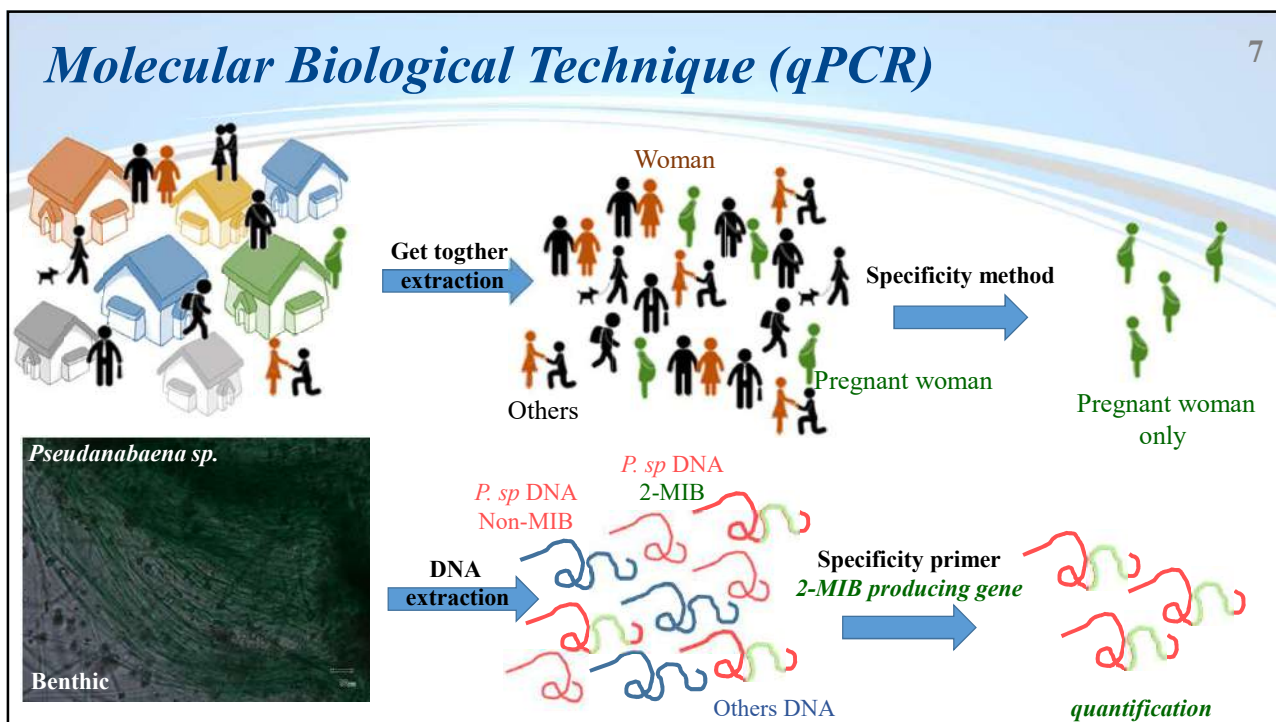
Conventional method for Monitoring

6

- **Monitoring Technologies**
 - Conventional method for cell abundance of harmful cyanobacteria: **Microscopy**
 - Morphologically and taxonomically indistinguishable
 - There have toxin/odorous and non-toxic/non-odorous strains in the same species of cyanobacteria

- ✗ Professional experience required
- ✗ 3-Dimensional and stacked
- ✗ Time consuming

- Using Molecular Biological Technology
 - Can distinguish the toxigenic and non-toxic one
 - Apply to on-site monitoring



Monitoring of Cyanobacteria and Metabolites

- Concept and Instruments for the Mobile Platform

ScienceDirect

Monitoring of geosmin producing *Anabaena circinalis* using quantitative PCR

Hsiang-Wei Tsao¹, Atsuko Michinaka², Hung-Kai Yen^{1*}, Steven Giglio³, Peter Hobson⁴, Paul Morris⁵, Tsair-Fuh Lin^{1*}

Geosmin-producing genes

Environmental Research

An alternative method to quantify 2-MIB producing cyanobacteria in drinking water reservoirs: Method development and field applications

Yi-Ting Chai¹, Hung-Kai Yen^{1*}, Tsair-Fuh Lin^{1*}

2-MIB-producing genes

International Journal of Environmental Research and Public Health

A qPCR-Based Tool to Diagnose the Presence of Harmful Cyanobacteria and Cyanotoxins in Drinking Water Sources

Ho-Ting Chiu¹, Yi-Fonnan Chen¹, Ting-Shuan Kiang¹, Hung-Kai Yen^{1*} and Tsair-Fuh Lin^{1*}

Microcystin- and cylindrospermopsin-producing genes

• For Rapid Monitoring

qPCR Toxin- and odor-producing genes

Spectrophotometer Nutrient conc. Chlorophyll-a

Microscope Cell enumeration

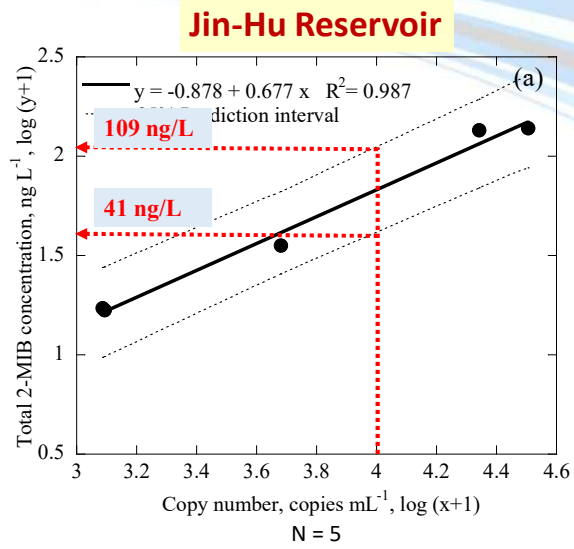
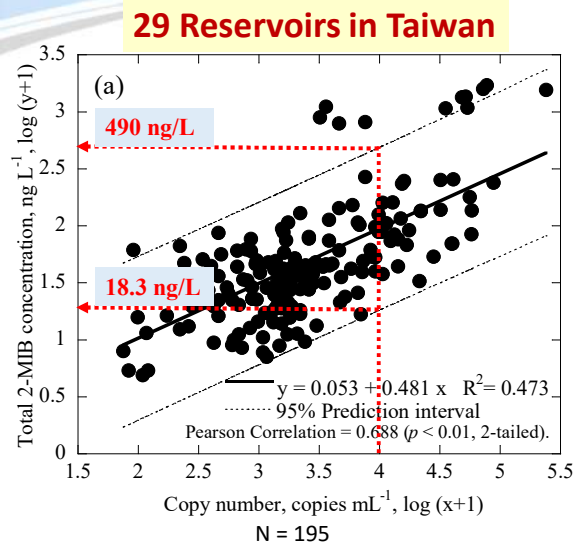
Multi-Parameter Water Quality Meter

ELISA Cyanotoxin conc.

Fluorescence Spectrophotometer Phycocyanin

Correlation – 2-MIB

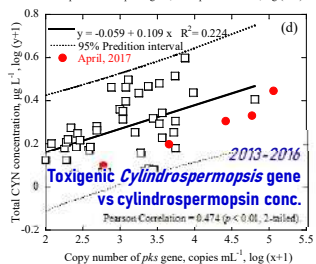
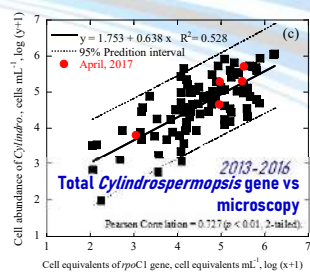
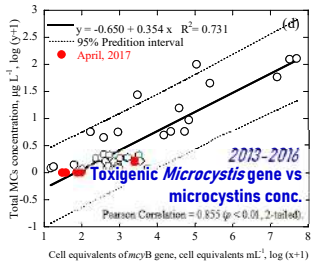
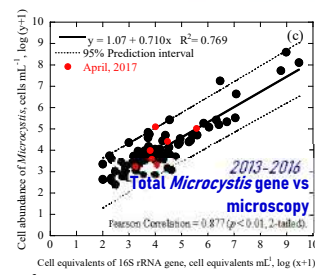
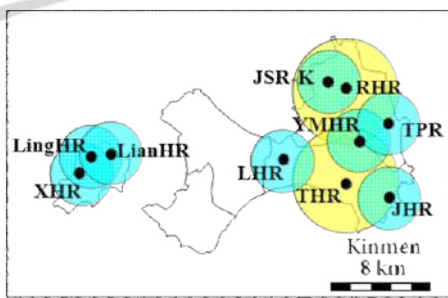
11

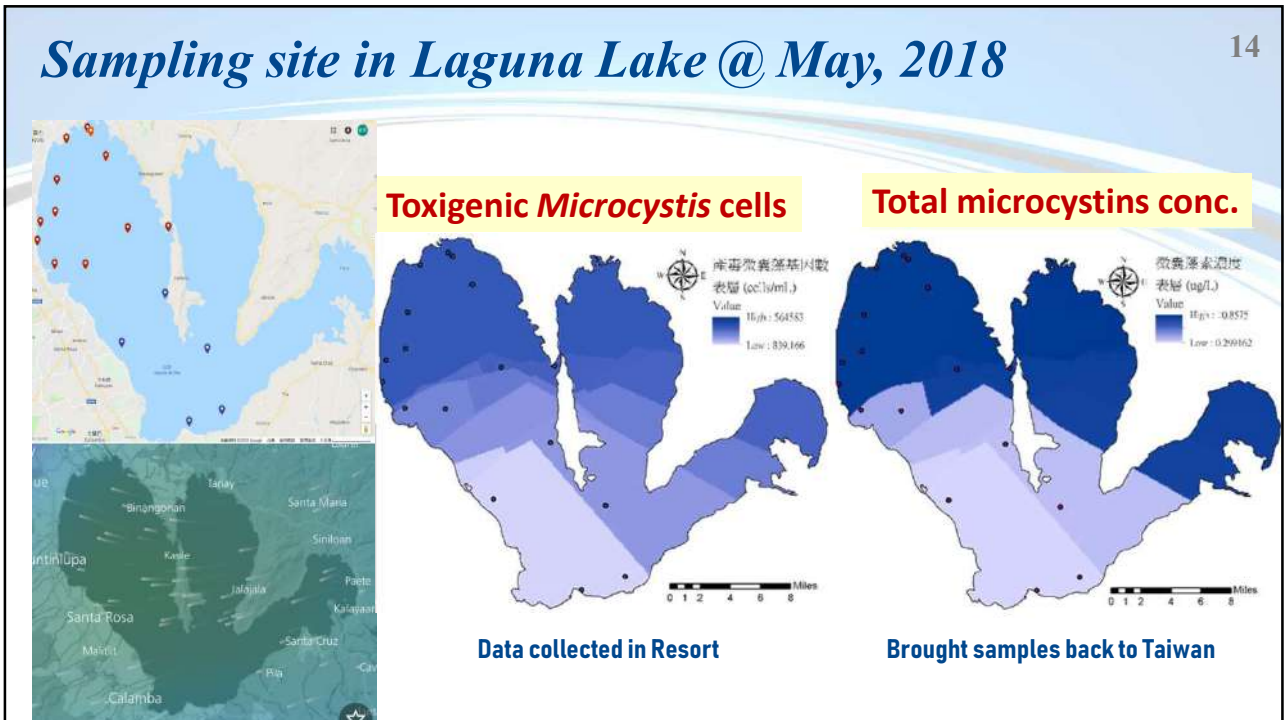
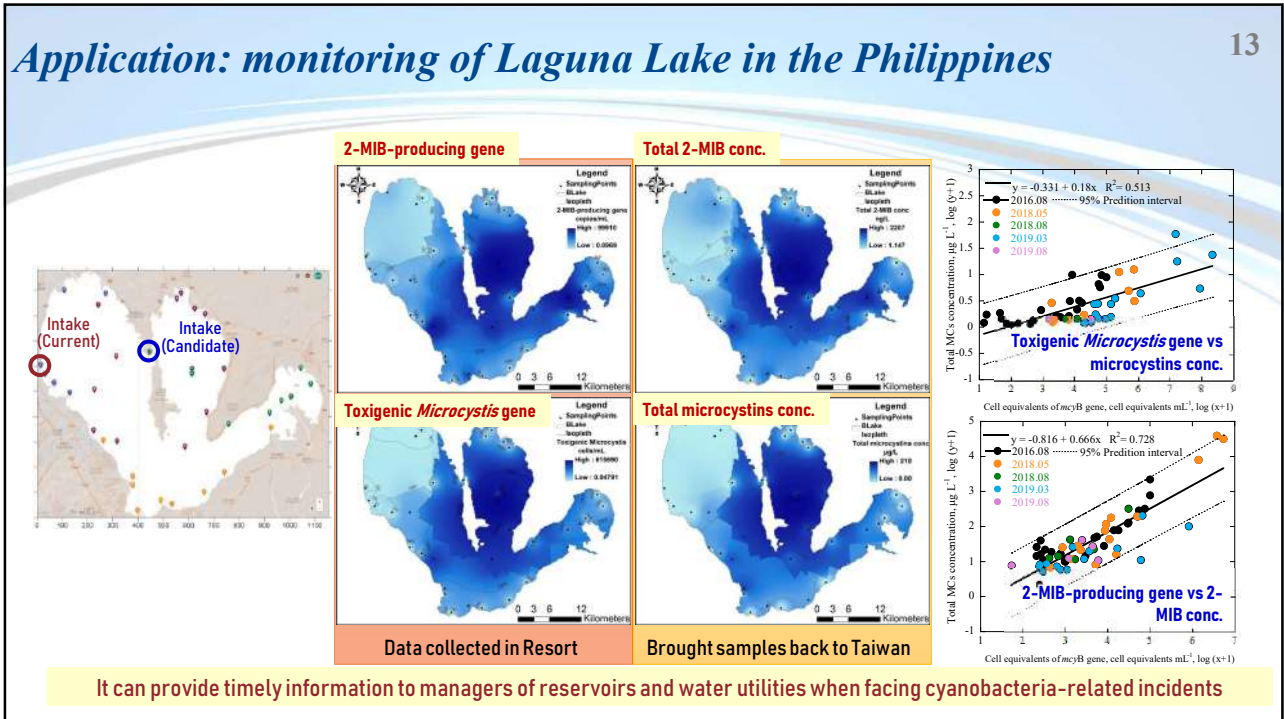


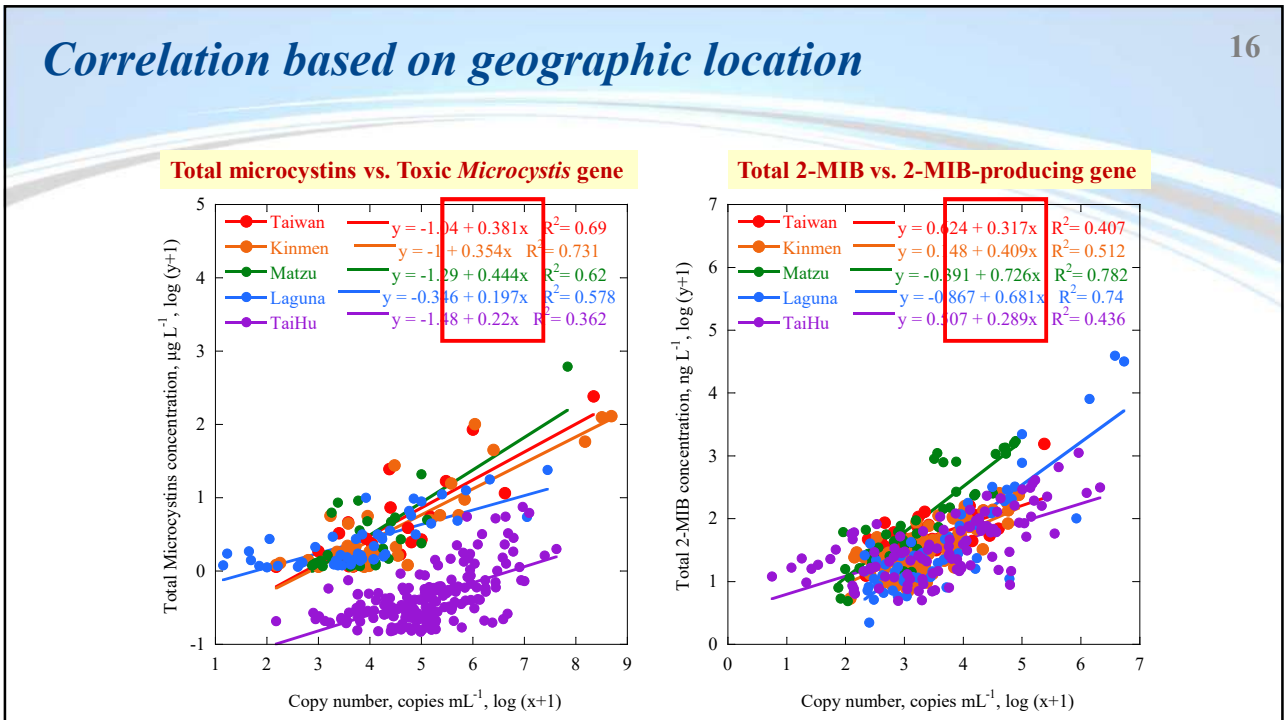
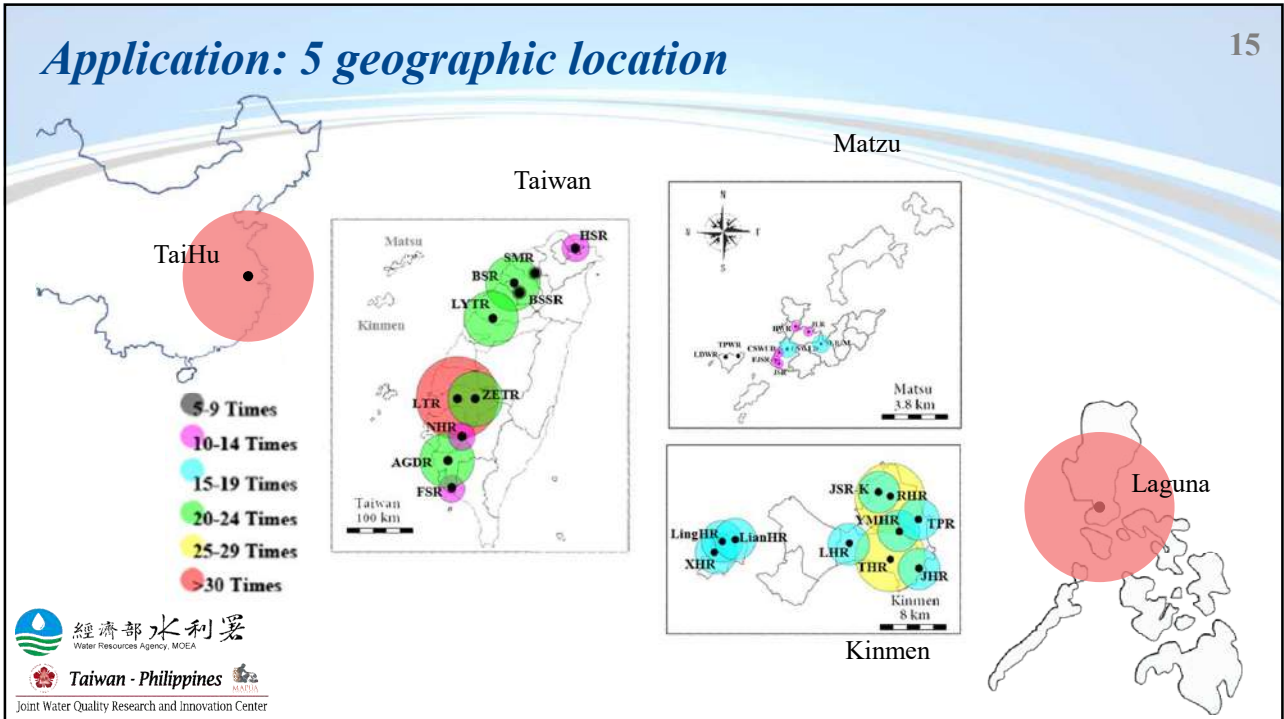
(Chiu et al., *Environmental Research*, 151 (2016) 618–627)

Case study: Kinmen @ April, 2017

12



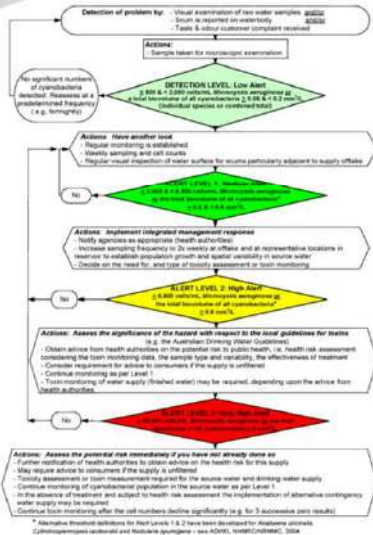




Management Strategies for Cyanobacteria in Sources water (WQRC) Australia

17

Alert Levels for Action



- Systematic approach to monitor and assess the occurrence and growth of all cyanobacteria in drinking water supplies.
- The levels are based on **cell numbers** and **biovolumes**, in which **cell quota of toxins and odorant** is important.

Species or Type	Notification (Alert Level 1)		Alert (Alert Level 2)	
	Cell Numbers (cells mL ⁻¹)	Biovolume (mm ³ L ⁻¹)	Cell Numbers (cells mL ⁻¹)	Biovolume (mm ³ L ⁻¹)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	2,000	0.2	6,500	0.6
<i>Anabaena circinalis</i>	6,000	1.5	20,000	5
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	4,500	0.18	15,000	0.6
<i>Nodularia spumigena</i>	12,000	2.7	40,000	9.1

Modeling of risk assessment

18



A molecular-based method to estimate the risk associated with cyanotoxins and odor compounds in drinking water sources

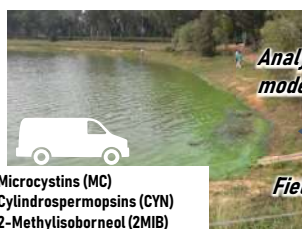
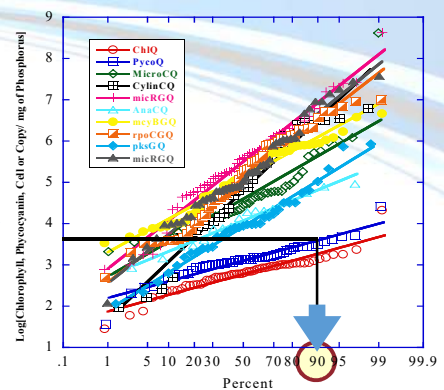
Keng-Ya Lu¹, Yi-Ting Chiu², Michael Burch³, Delia Senora⁴, Tsair-Fuh Lin⁵

Rick assessment by Microcystin- and 2-MIB-producing genes

- Cell number
- Gene number

Total Phosphorus conc.

If *Microcystis* controlled at <6,000 cells/mL (WHO) and *Cylindrospermopsis* <15,000 cells/mL (AWQA), the total phosphorus concentration should be controlled below 0.01 mg/L.

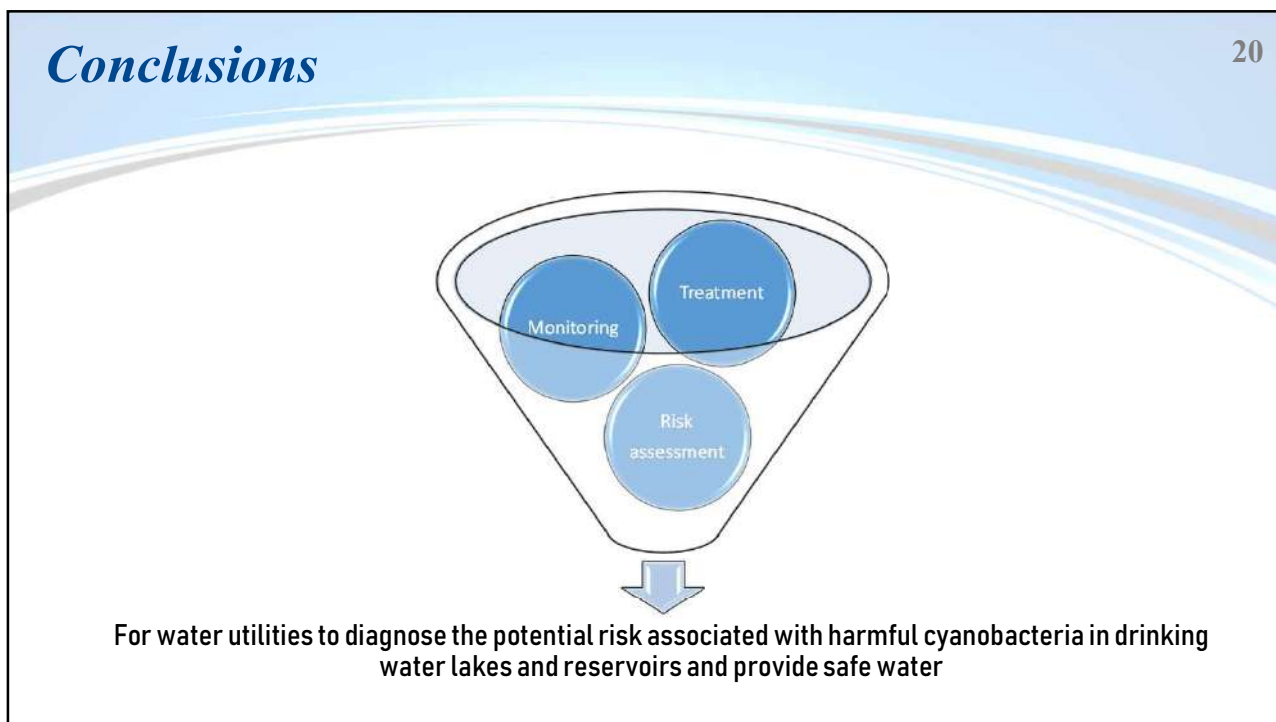
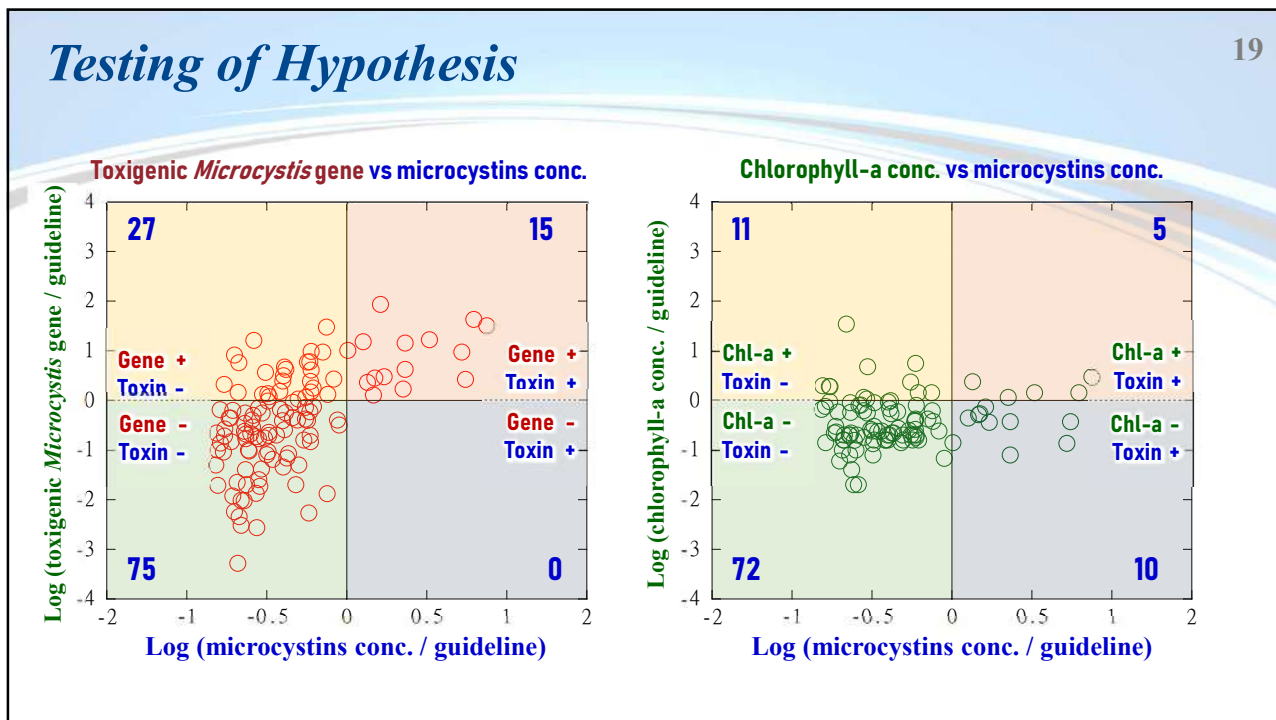


Analysis of data and model agreement

Field applications

Microcystins (MC)
Cylindrospermopsins (CYN)
2-Methylisoborneol (2MIB)

TP (mg/L)	Microcystis (cells/mL)	Cylindrospermopsis (cells/mL)	魚腥藻 (cells/mL)	micR (copies/mL)	mcyB (copies/mL)	rpoC (copies/mL)	pks (copies/mL)	mib C (copies/mL)
0.005	2271	8209	106	30455	4250	12519	188	5465
0.01	4541	16419	213	60910	8500	25038	376	10930
0.05	22707	82093	1064	304550	42501	125190	1882	54650
0.1	45414	164186	2128	609099	85001	250380	3764	109300
0.2	90827	328372	4256	1218199	170003	500760	7528	218599



Take home message

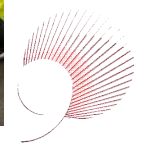
21

- Toxins and odorants are secondary metabolites.
 - not necessarily the presence of products (toxins)
- There have toxin/odorous and non-toxic/non-odorous strains in the same species of cyanobacteria.
 - Morphologically and taxonomically indistinguishable
 - Toxic and non-toxic strains of the same cyanobacterial species often coexist
- Bio-molecular methods for synthesis genes have been used to detect toxin- and odor-producing cyanobacteria in freshwater bodies.
- The obtained gene information correlated well with conventional methods.
 - The qPCR approach may be used for water utilities to diagnose the potential risk associated with harmful cyanobacteria in drinking water lakes and reservoirs.

Acknowledgement



Thank you for your attention!



藏行顯光
成就共好
Achieve Securely
Prosper Mutually

國立成功大學 九十一週年
50th Anniversary of NCKU

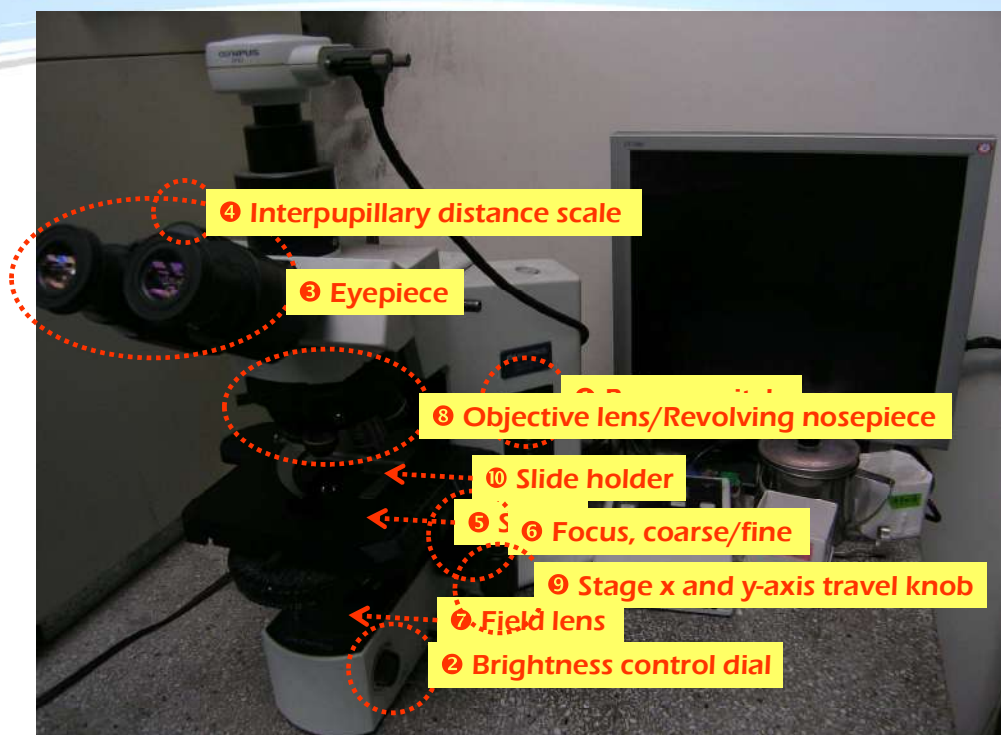
HANDS-ON TRAINING: Cyanobacteria identification and enumeration

Yi-Ting (Sandy) Chiu

Department of Environmental Engineering
National Cheng Kung University
Tainan, Taiwan

August 07th, 2023

The compound light microscope



DIC microscope

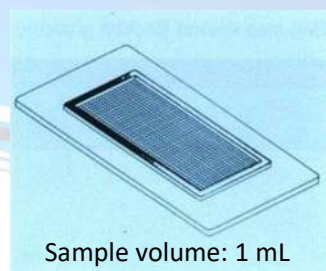


After finished

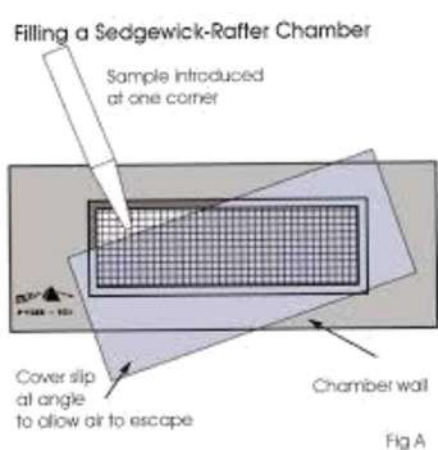
1. Turn the nosepiece ④ back until the 10x objective is into place.
2. Remove your specimen from the slide holder ⑥.
3. Let the stage ⑤ as possible as down.
4. Turn the light intensity down using the brightness control dial ②.
5. Turn off the power switch ①.
6. Cover the microscope.

Cell Enumeration

- S52 – Glass Sedgewick Rafter Counting Chamber
 - Standard Method 10200F
 - fixed with Lugol’s solution (1% by volume)
 - water samples were placed into a 1 mL Sedgewick-Rafter chamber
 - allowed to settle for 15 - 30 min
 - ×400 magnification



$$No. cells/mL = \frac{C \times 1000 mm^3}{50 \times N}$$

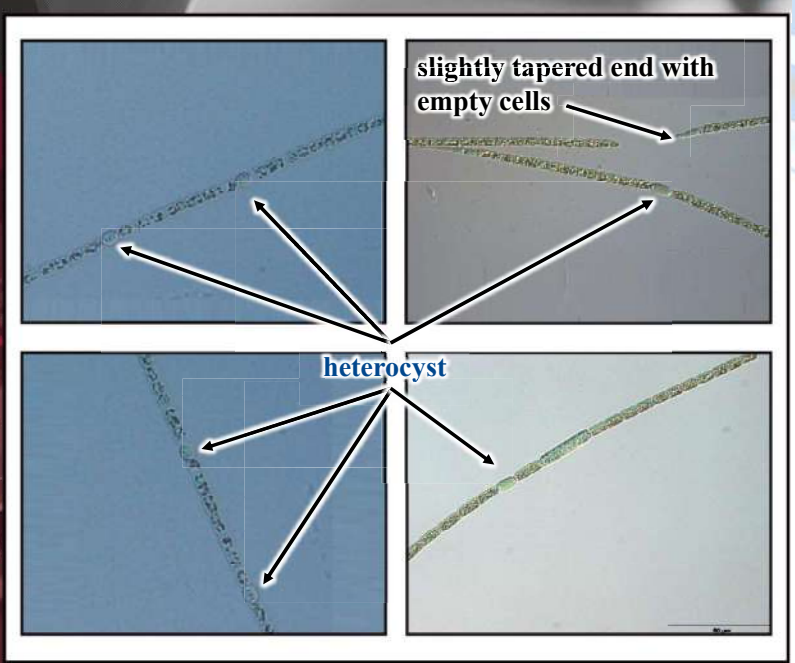


Aphanizomenon

- ✓ It is a genus of nitrogen-fixing **cyanobacteria** that inhabits freshwater lakes and can cause dense blooms.
- ✓ It has a slightly tapered end with empty cells.
- ✓ It has the ability to fix nitrogen from atmospheric nitrogen and has more than one heterocyst in the trichome.

藍綠藻
束絲藻
Aphanizomenon

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 末端細胞漸細而成髮絲延伸成無色的細胞
- ✓ 細胞圓柱狀
- ✓ 具有多個異形細胞在中間



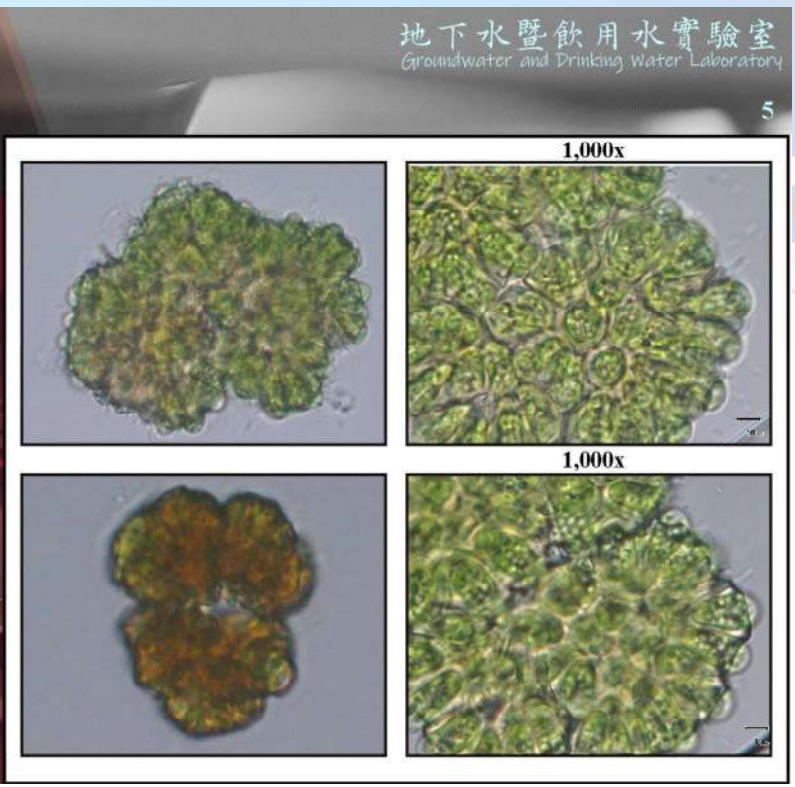
Botryococcus

- ✓ It is a genus of **green algae**
- ✓ The cells form an irregularly shaped aggregate. Thin filaments connect the cells.

綠藻
葡萄藻
Botryococcus



Kinmen, Taiwan, 2014



Ceratium

- ✓ It is a genus of single-celled aquatic **dinoflagellate algae**.
- ✓ It is known to cause **red tides** and water blooms.



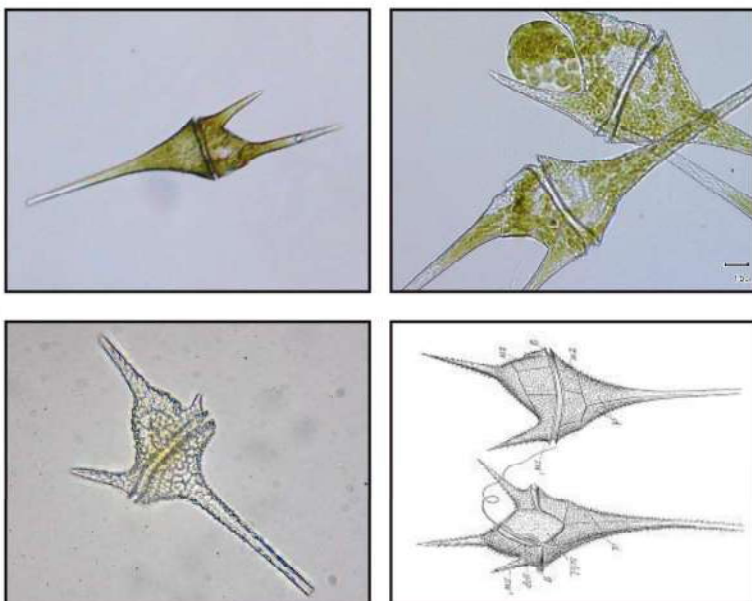
Kaohsiung, Taiwan, 2016

甲藻

角甲藻

Ceratium

柱形
刻紋
有長
角
2或3
不同
底角
中間有



Coelastrum

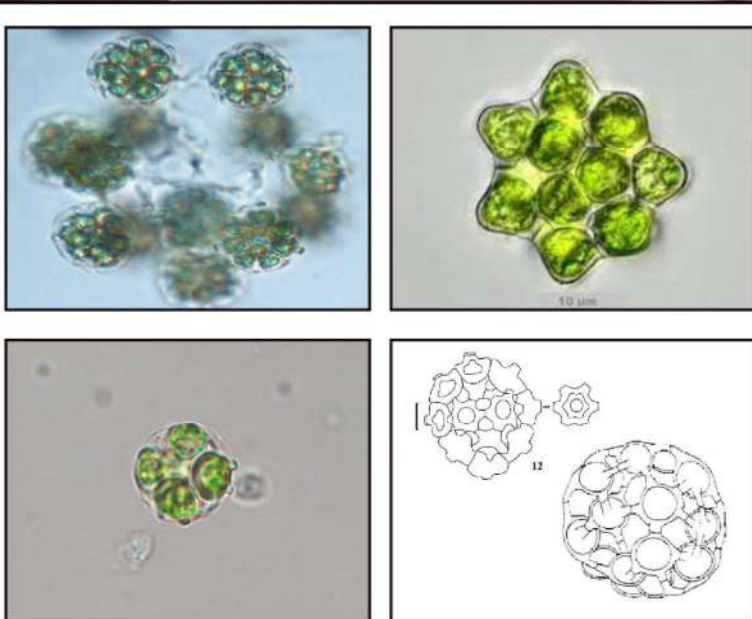
- ✓ It is a genus of **green algae**
- ✓ It is a species with high tolerance to water pollutions
- ✓ *Coelastrum* forms 4, 8, 16, 32, or 64 (-128) called coenobia to ca. 100 μm diameter, organized as spherical, pyramidal, or cuboid, free-floating colonies.

綠藻

空星藻

Coelastrum

- ✓ 多細胞組成定型群體球狀
- ✓ 細胞球形
- ✓ 細胞間有膠狀突起相連
- ✓ 偶爾會連成更大的群體



Cyclotella

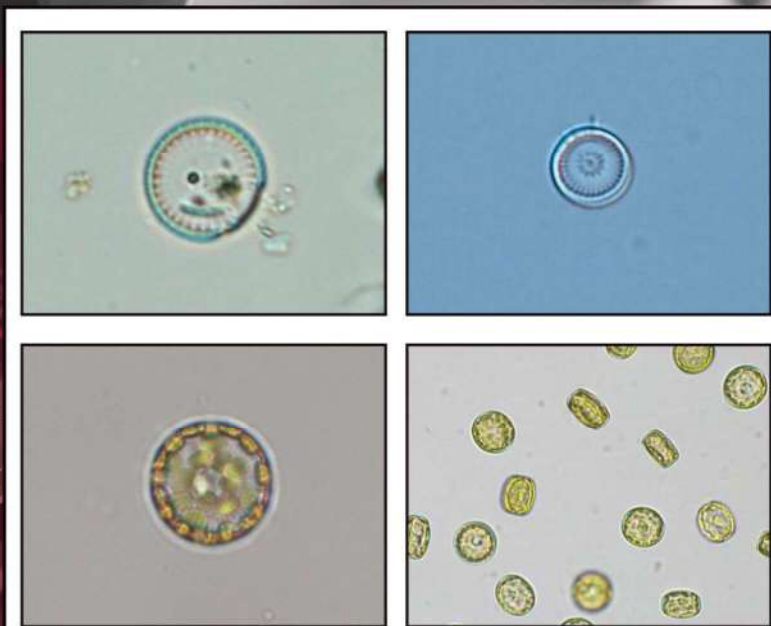
- ✓ It is a genus of **diatoms** often found in oligotrophic environments, both marine and freshwater.
- ✓ *Cyclotella* appears in warm, nutrient-rich environments as well as low-productivity environments.
- ✓ It is a species with tolerance and resistance to pollutants, especially ammonia.

矽藻

小環藻

Cyclotella

- ✓ 單細胞
- ✓ 殼面圓形，中心部平滑，殼面周緣具放射狀線紋，延伸近乎半徑的一半



Cylindrospermopsis

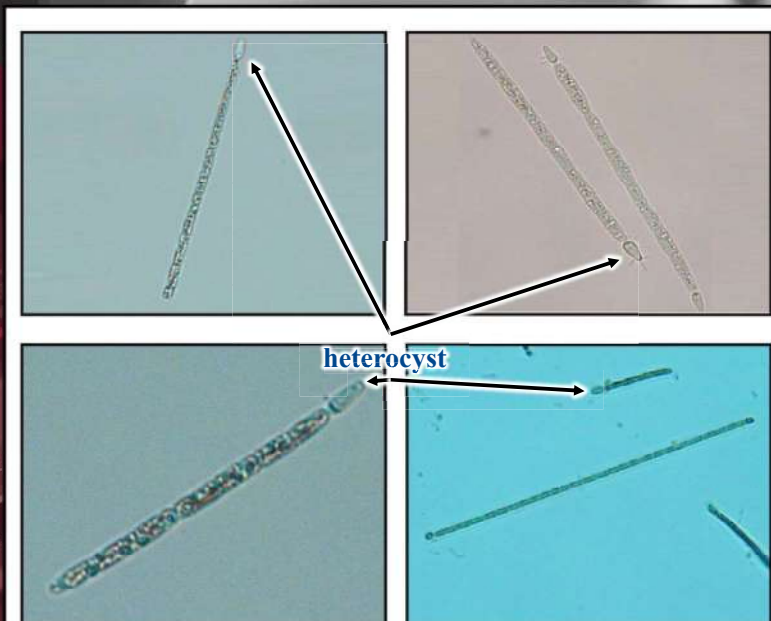
- ✓ It is a genus of nitrogen-fixing **cyanobacteria** that inhabits freshwater lakes and can cause dense blooms.
- ✓ It has heterocyst cells at the end of the trichome.
- ✓ The cross walls between cells were often indistinct, making this measurement imprecise.
 - ✓ the cells were enumerated by their average cell number per unit length of trichome.

藍綠藻

柱孢藻

Cylindrospermopsis

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 外觀呈絲狀體
- ✓ 藻絲單生
- ✓ 細胞成圓柱狀
- ✓ 至少一端具有异形細胞

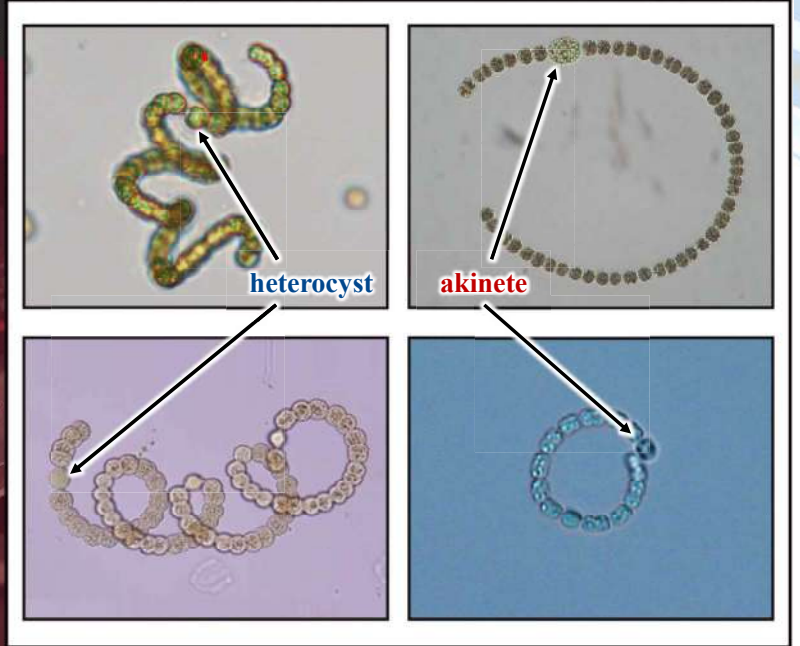


Dolichospermum (a.k.a. Anabaena)

- ✓ It is a genus of nitrogen-fixing **cyanobacteria** with bead-like or barrel-like cells and interspersed enlarged spores (heterocyst and akinete).
- ✓ Three cell types
 - ✓ vegetative cells for **photosynthesis**
 - ✓ heterocyst for **nitrogen fixation**
 - ✓ akinetes for **stress survival**

藍綠藻
魚腥藻
Anabaena

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 藻絲單生
- ✓ 細胞球形
- ✓ 有些具有異形細胞

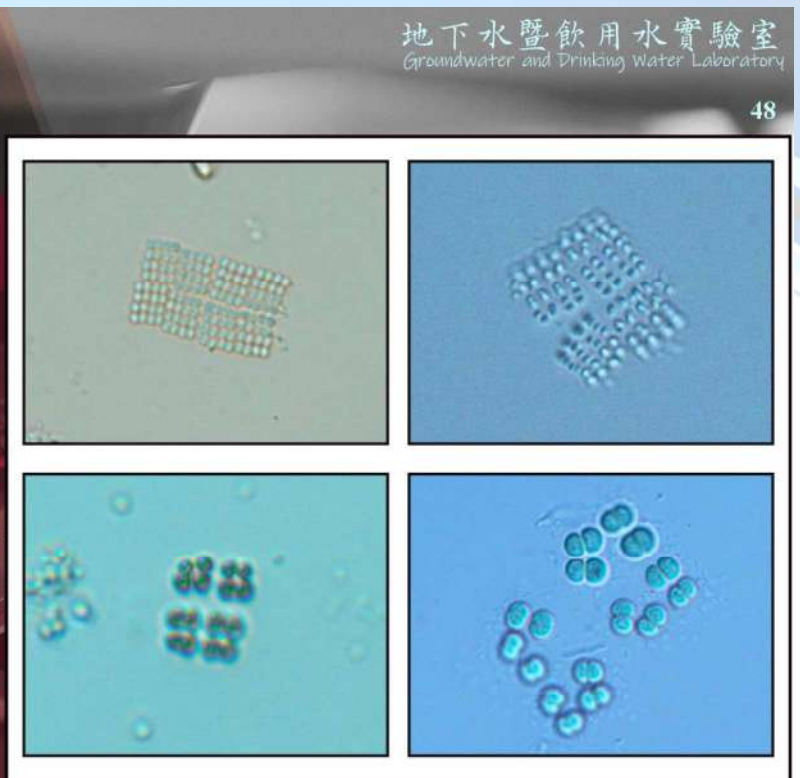


Merismopedia

- ✓ It is a genus of **cyanobacteria** found in fresh and salt water.
- ✓ It is ovoid or spherical in shape and arranged in rows and flats, forming rectangular colonies held together by a mucilaginous matrix.
- ✓ It is a species with tolerance and resistance to pollutants.

藍綠藻
平裂藻
Merismopedia

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 細胞呈球狀或半球形
- ✓ 整齊且緊密排列成方陣
- ✓ 群體最小由4個細胞組成，以4的倍數增加



Microcystis

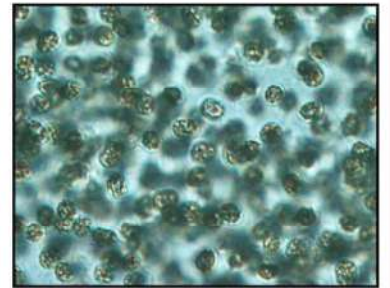
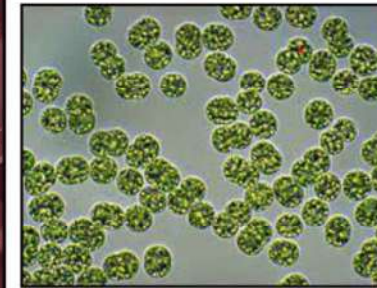
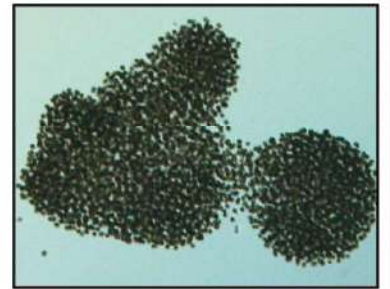
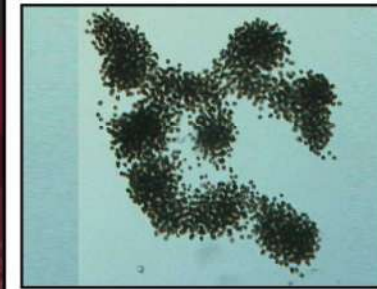
- ✓ It is a genus of freshwater **cyanobacteria** that causes harmful algal bloom.
- ✓ Many members of a *Microcystis* community can produce neurotoxins and hepatotoxins, such as microcystin and cyanopeptolin.
- ✓ The cells are usually organized into colonies (aggregations of which are visible to the naked eye). These colonies are bound by a thick mucilage composed of complex polysaccharide compounds.

藍綠藻

微囊藻

Microcystis

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 細胞呈球狀
- ✓ 於環境水體中易群聚
- ✓ 包在膠被中
- ✓ 群體可呈球形、狹長形、不規則分支或網狀等



Oocystis

- ✓ It is a genus of **green algae**
- ✓ It is a species with tolerance to copper and nutrients.

綠藻

卵囊藻

Oocystis

- ✓ 細胞兩端鈍圓、成橢圓形至卵形
- ✓ 細胞壁厚且兩端具明顯的結點
- ✓ 包在膠被中



Oscillatoria

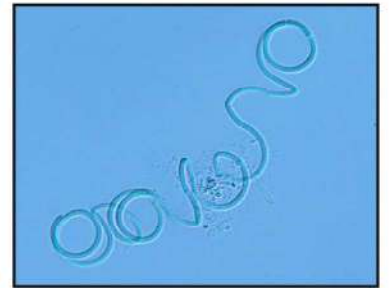
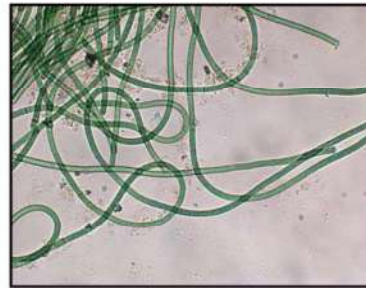
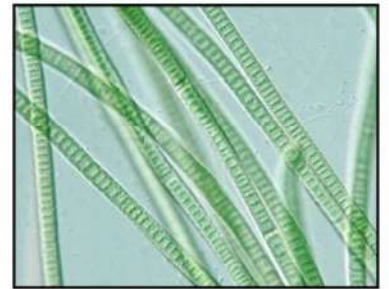
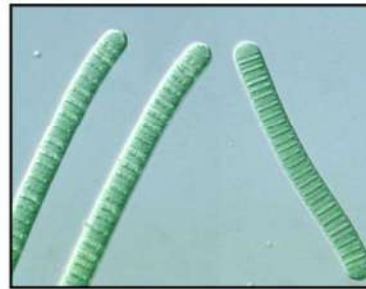
- ✓ It is a genus of filamentous **cyanobacteria** that is often found in freshwater environments.
- ✓ Its name refers to the oscillating motion of its filaments as they slide against each other to position the colony facing a light source.
- ✓ Each filament of *Oscillatoria* is made up of rows of cells.

藍綠藻

顫藻

Oscillatoria

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 藻絲直或彎曲，細胞呈圓柱狀
- ✓ 細胞間沒有收斂
- ✓ 末端細胞呈頭狀、鈍形圓頂狀



Pediastrum

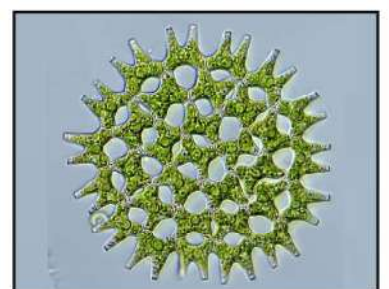
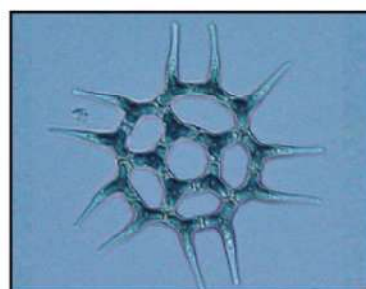
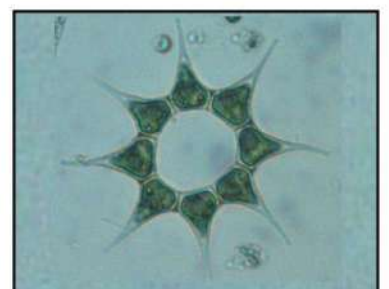
- ✓ It is a genus of colonial **green algae**
- ✓ It is a species with tolerance and resistance to pollutants.
- ✓ *Pediastrum* colonies are disk-shaped and are characterized by peripheral hornlike projections.
- ✓ The number of cells per colony varies (2–128) depending on the species.

綠藻

盤星藻

Pediastrum

- ✓ 多細胞組成群體
- ✓ 具細胞間隙
- ✓ 環狀



Peridinium

- ✓ It is a genus of single-celled aquatic **dinoflagellate algae**.
- ✓ It is known to cause **red tides** and water blooms.

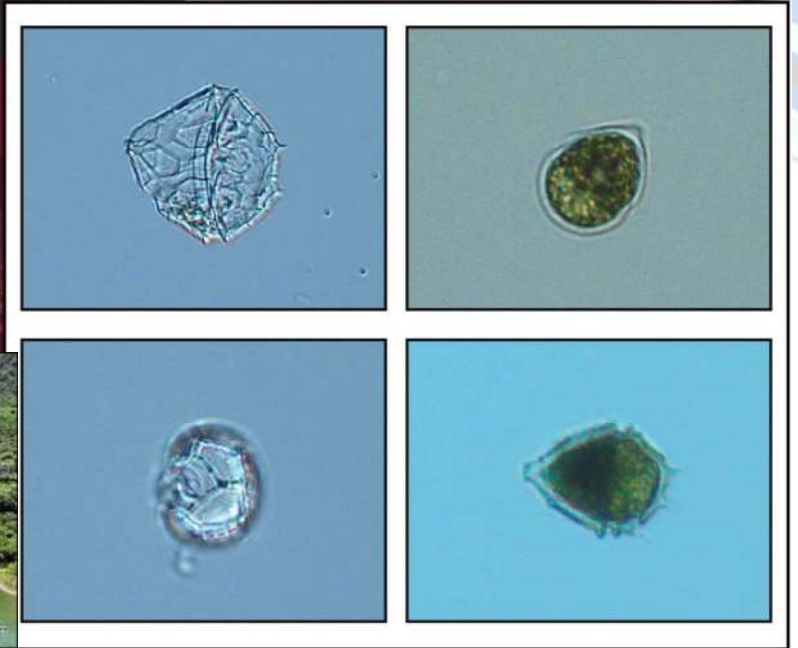


甲藻

多甲藻

Peridinium

- ✓ 細胞卵狀至梨形，背腹扁平



Pseudanabaena

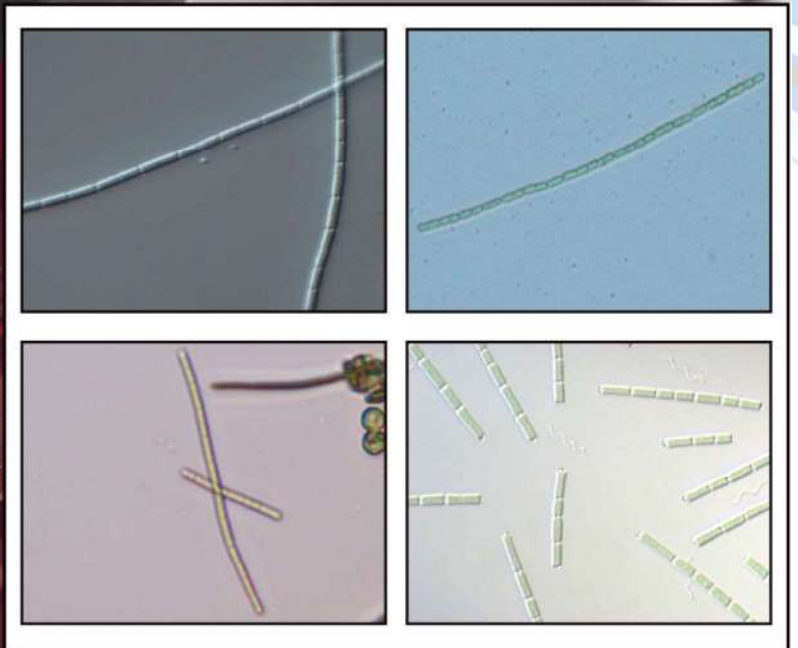
- ✓ It is a genus of 2-MIB-producing **cyanobacteria**.
- ✓ The trichomes are solitary or forming fine mats.
- ✓ A trichome consists of a small number of cells.

藍綠藻

擬魚腥藻

Pseudanabaena

- ✓ 多細胞組成
- ✓ 藻絲直或略彎
- ✓ 細胞呈圓柱狀



Scenedesmus

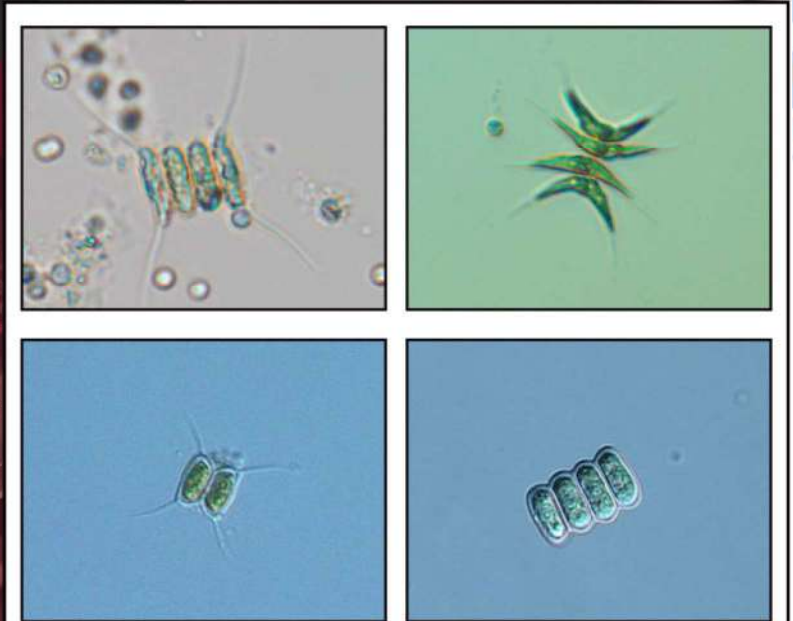
- ✓ It is a genus of **green algae**
- ✓ It is a species with tolerance and resistance to pollutants
 - ✓ It is the inhabitant of eutrophic and alkaline freshwater ecosystems containing a considerable amount of mineral salts, toxic compounds, heavy metals, and β -radioactivity.
- ✓ *Scenedesmus* can exist as unicells; they are also frequently found in coenobia of two, four, or eight cells

綠藻

柵藻

Scenedesmus

- ✓ 由2-4-8-16個細胞組成定形群體
- ✓ 部分總類具有2-4根尖刺



HANDS-ON TRAINING: Flavor Profile Analysis (FPA)

Yi-Ting (Sandy) Chiu

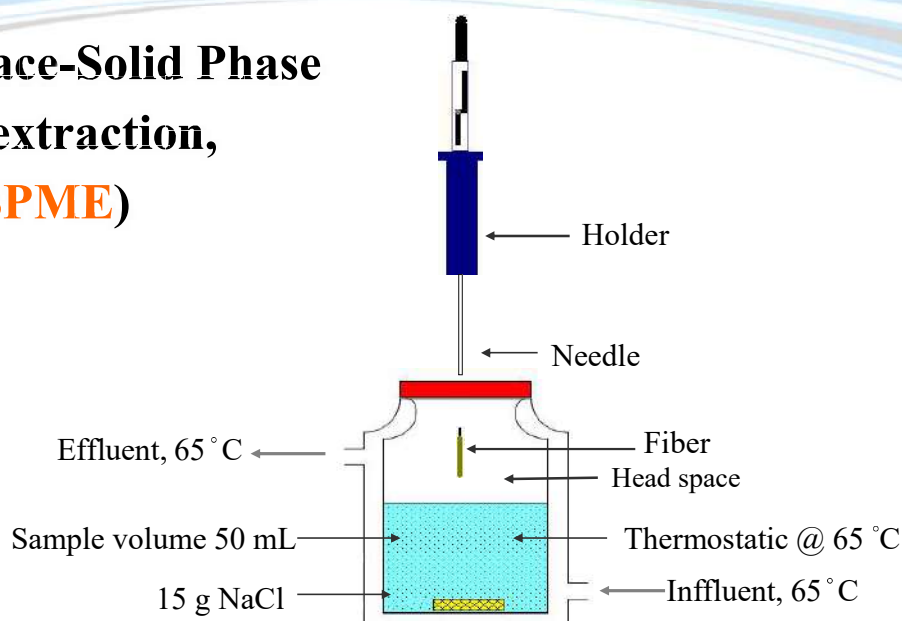
Department of Environmental Engineering
National Cheng Kung University
Tainan, Taiwan

August 07th, 2023

Taste and Odor compound analysis

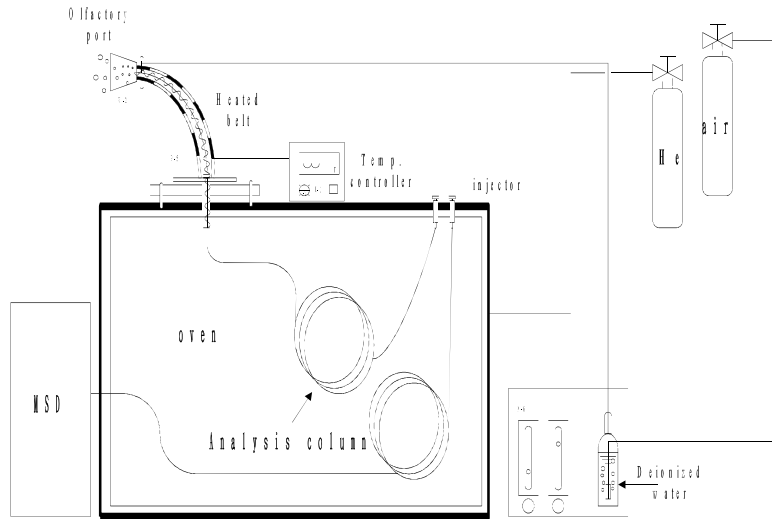
21

- **Head Space-Solid Phase
Micro-extraction,
HS-SPME)**



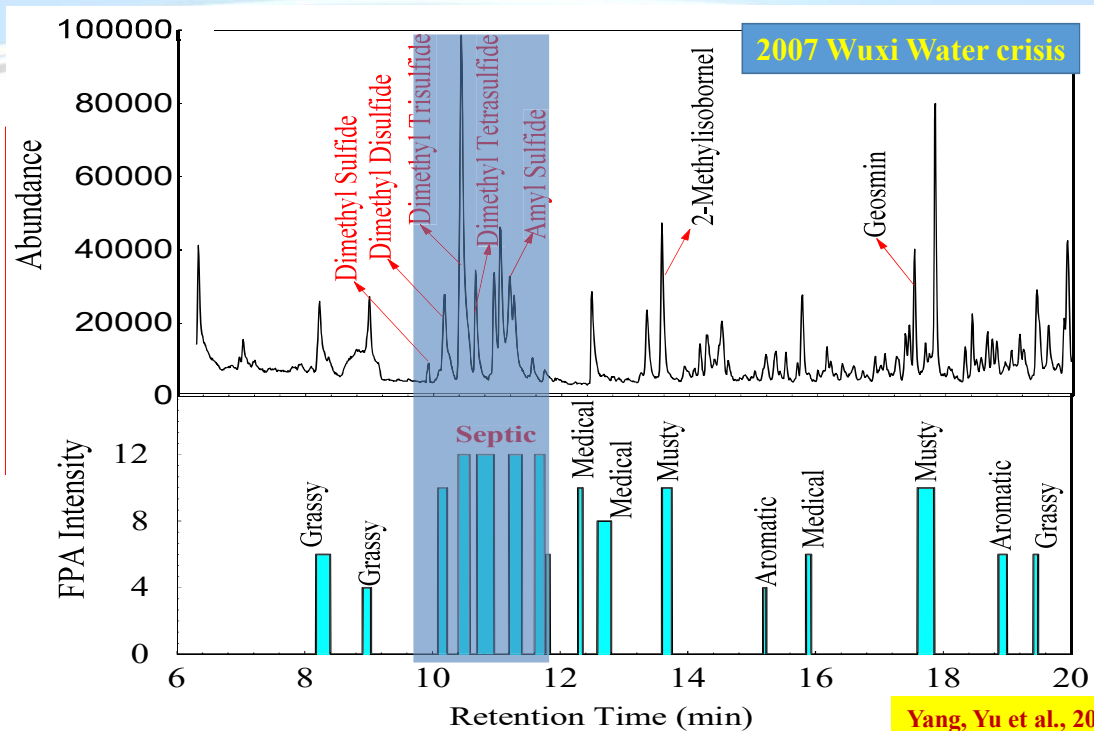
Taste and Odor compound analysis

- Sensory GC with GC/MS



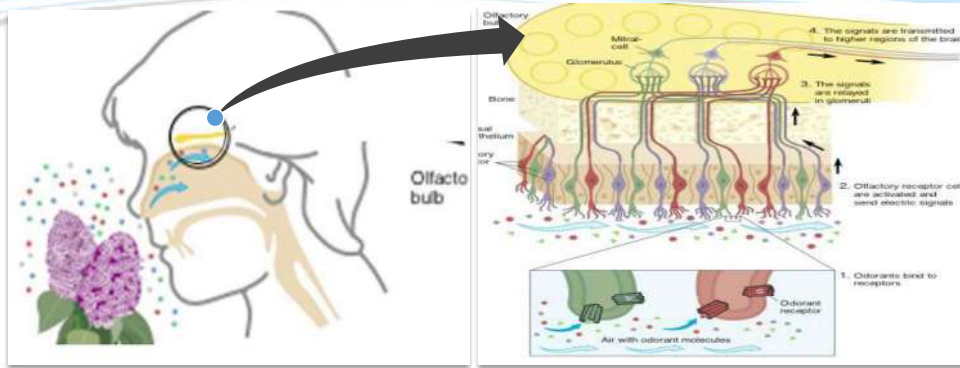
Sensory GC

23



Yang, Yu et al., 2008, Science, 158a.

Flavor Profile Analysis (FPA)



- ◆ Sensitive to odor: **pg/L~ng/L**
- ◆ Background pollutants level: **ug/L-mg/L**

- Sensory be different for individuals, **characterize odor** scientifically?
- How to **identify key odor causing compounds** on the background pollutants coexistence?

Sensory Evaluation

● Describe the odor characteristics correctly in water (odor and intensity)

● **Flavor Profile Analysis**

- ✓ Standard Method 2170
- ✓ Training, Panel of at least 5 panelists
- ✓ Recognize, describe, and rate intensity



Rating Scale

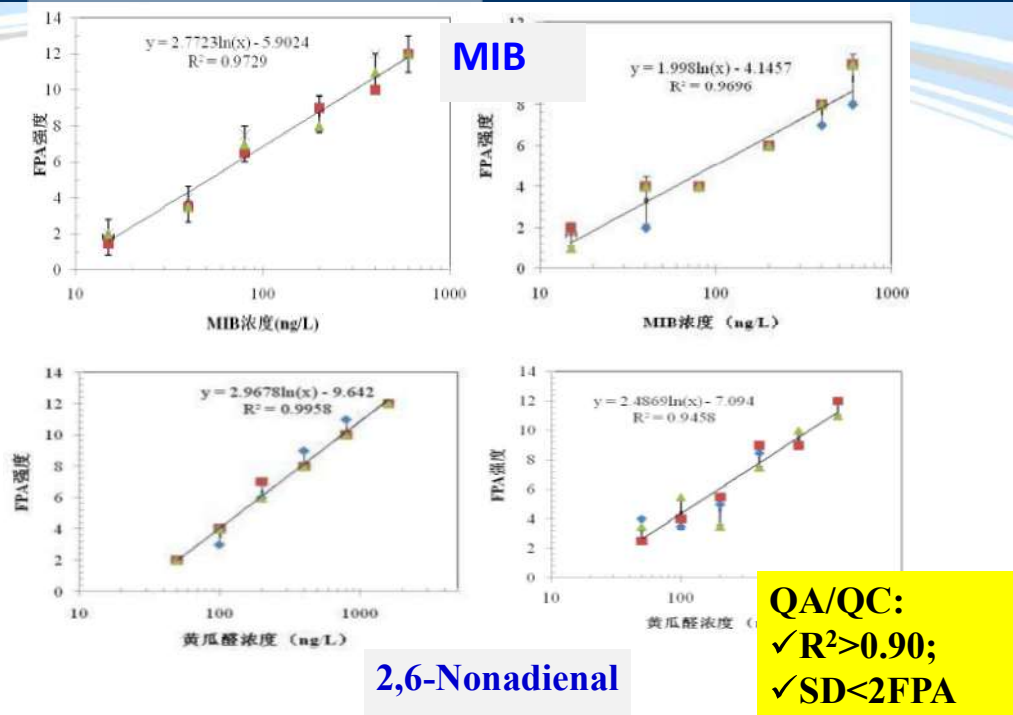
- O (odor-free)
- T (barely perceptible)
- 2 (very weak)
- 4 (weak)
- 6
- 8 (moderate)
- 10
- 12 (strong)



AWWA Standard method

FPA Training: Webber-Fechner Law

26



General Guidelines for Odor Testing of Water Standard Method 2170 (FPA for ODORS)

- Refrain from eating, drinking, or smoking at least 30 minutes prior to odor testing
- Do not use perfumes, hand lotions, scented soaps, and similar products that could cause interferences
- Excuse yourself from the exercises if you have a cold, sinus attack, allergy flare-up, dental problems, or any related condition that could interfere with smelling.
- Take your time. Allow 2 minutes of rest between samples.
- Remember that first impressions are usually the best.
- Hold the flask with the bottom in the palm of one hand and by the removable top in the other. Keep the neck of the flask clean.
- Swirl the flask five times after use and return it to the water bath.

Containers for odor analysis of drinking water

- 500-mL Erlenmeyer flasks with ST32 ground glass stoppers for any temperature. Fill with 200 mL of solution.
- Cleaning Flasks Procedure
 - Do not use rubber gloves.
 - Before use, heat 200 mL of odor-free water to boiling in the stoppered flask
 - Once the odor-free water has reached boiling, dump the contents of the flask
 - Allow the cool to room temperature before sniff testing for residual odors
 - If odors persist, repeat steps 1-3 or use alternative cleaning method.
 - Place 200 mL of sample in flask and stopper
 - Immediately after use, dump the samples, rinse 10 times with hot tap water, add 200 mL of odor-free water, stopper, and store.



FPA Training



1. *the initial sifting.* At least 75 points to pass the sift.
2. Learning to Recognize Different Water.
3. Practice session odor reference standard.
4. Threshold odor test.
5. Practice session odor intensity.
6. Advanced practice session odor intensity.

Learning to Recognize an Odor Intensity Standard

- These samples will teach you to recognize the intensity of the 2-MIB odor at 3 different concentrations.
- The samples should be swirled and smelled using 200 mL solution in a 500 mL FPA flask and heating to 45 °C for 15 minutes.



Moderate (8)



Weak (4)

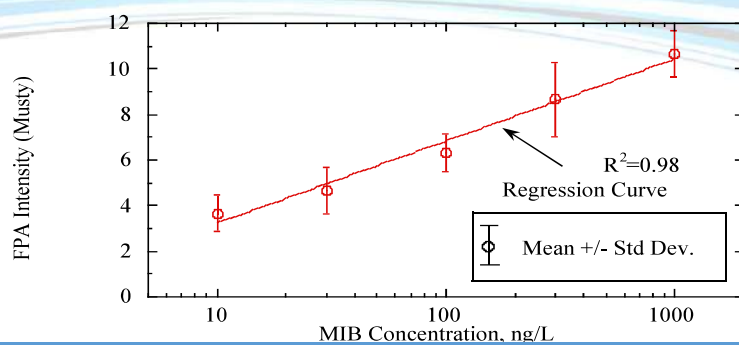


Odor Free Water



Very Weak (2)

FPA Training



Weber-Fechner Law: Intensity = $b + m \log(\text{Odorant Conc.})$

